centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

2a. Parte

CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ALEJADAS DE LA COSTA

EXPOSITOR: ING. CLEMENTE BELTRAN R. DE E.

AGOSTO - 1980

CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ALEJADAS DE LA COSTA

I N D I C E

INTRODUCCION

DURANTE LA ANTIGUEDAD EL MAR FUE UN MISTERIO Y UN RETO A LA VEZ PARA EL HOMBRE QUE VIVIA EN SUS ORILLAS.

MISTERIO, PORQUE NADA SABIA - EN UN PRINCIPIO - DE COMO SURCARLO, NI QUE HALLARIA EN EL NI TAMPOCO A DONDE LO CONDUCIRIA.

RETO, PORQUE LA CURIOSIDAD DE SABER PARECE SER INNATA EN EL SER HUMANO, Y CONSUSTANCIAL A LA INQUIETUD DE SU ESPIRITU - DESCUBRIR LO QUE ANTE SUS OJOS APARECE COMO UNA INCOGNITA.

DE ESTA MANERA LOS PUEBLOS RIBEREÑOS LLEGARON A IDEAR EMBARCACIONES, Y CON ELLAS, SIN ALEJARSE DEMASIADO DE LAS COSTAS, FUERON PONIENDOSE EN CONTACTO CON OTROS HOMBRES Y OTRAS CULTURAS, AL MISMO TIEMPO QUE SURGIA EL COMERCIO. TAL ACONTECIO CON LOS GRIEGOS - POR EJEMPLO - Y CON LOS FENICIOS, GRANDES NAVEGANTES DEL MEDITERRANEO, MAR DONDE NACIERON Y SE FUERON CONFIGURANDO LOS PERFILES DEL MUNDO OCCIDENTAL.

DISTINTO FUE EL PROCESO CUANDO SE TRATO DE SURCAR LOS GRANDES OCEANOS, APARTANDOSE DE LAS COSTAS.

LA FRAGILIDAD DE LAS EMBARCACIONES Y EL TEMOR A LO DESCONOCIDO, LO LIMITADO DE LOS CONOCIMIENTOS GEOGRAFICOS Y EL VA-

LOR QUE SE ATRIBUIA A LAS LEYENDAS Y SUPERSTICIONES, FUERON CAUSA DEL AISLAMIENTO ENTRE LOS HOMBRES QUE VIVIAN EN DISTINTOS CONTINENTES.

EL MAR RESULTABA UN OBSTACULO Y POR SIGLOS SEPARO A PUEBLOS CUANDO ENTRE ELLOS APARECIA LA MURALLA DE LOS GRANDES MARES.

LOS GRANDES DESCUBRIMIENTOS GEOGRAFICOS SEÑALARON AL MAR COMO UN CAMINO - AMPLIO Y DIFICIL A LA PAR - PERO QUE AHI ESTABA PARA AZUZAR LA INTREPIDEZ Y LA AMBICION DE LOS HOMBRES Y DE LOS PUEBLOS.

DESDE ENTONCES LA NAVEGACION SE FUE PERFECCIONANDO Y LA INTELIGENCIA Y LA VOLUNTAD HUMANAS CONVIRTIERON CON EL - - - TIEMPO LA AVENTURA INICIAL - PARA LA QUE SE NECESITABAN - - GRANDES DOTES DE AUDACIA - EN ALGO COTIDIANO, EXENTO DE GLORIA, ES CIERTO, PERO TAMBIEN DE PELIGRO, EN UN ALTO GRADO.

DE ESTE MODO EL MAR DEVINO ANTE TODO CAMINO, MEDIO ADECUADO DE COMUNICACION, Y LOS PAISES PODEROSOS SE DISPUTARON - SU DOMINIO, PORQUE SIGNIFICABA UNA ENORME VENTAJA EN CUANTO AL COMERCIO, EN PARTICULAR, Y AL PROGRESO ECONOMICO, EN GENERAL. INCLUSO LA HEGEMONIA POLITICA FUE A VECES EN BUENA MEDIDA - PRODUCTO DEL DOMINIO DE LOS MARES.

HOY, EL PANORAMA HA CAMBIADO, LO QUE MUESTRA - UNA VEZ MAS - LA EVOLUCION A QUE ESTA SOMETIDO EL SER HUMANO Y EL CARACTER

DINAMICO DE LA HISTORIA. PORQUE AUNQUE SIGA SIENDO EL MAR UN MEDIO DE COMUNICACION, LOS PUEBLOS VEN EN EL, ANTE TODO, UN - ENORME ARSENAL DE RECURSOS DE LA MAS VARIADA GAMA.

TANTO QUE EN ESAS RIQUEZAS SE CONTEMPLA LA SOLUCION PARA MUCHOS DE LOS MAS GRAVES PROBLEMAS DE CARENCIA A QUE SE ENFRENTA NUESTRO MUNDO.

POR ESE MOTIVO, POR SER EL MAR UNA ESPERANZA DE BIENESTAR - MEXICO MANTIENE LA TEORIA DEL MAR PATRIMONIAL, QUE SOSTIENE - EN LA MAS VIABLE DE SUS INTERPRETACIONES - QUE CONTIGUA A LAS DOCE MILLAS DE MAR TERRITORIAL DEBE HABER UNA ZONA DONDE LA EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MARINOS, RENOVABLES Y NO RENOVABLES, SEA UNA FACULTAD DEL ESTADO RIBEREÑO, HASTA UN MAXIMO DE DOSCIENTOS MILLAS NAUTICAS, COMPRENDIDAS EN ELLAS LAS DOCE MENCIONADAS COMO INTEGRANTES DEL MAR SUJETO A LA - SOBERANIA.

POR ESA AMPLIA ZONA, LA NAVEGACION, EL SOBREVUELO Y EL TENDIDO DE CABLES SUBMARINOS SERAN LIBRES, YA QUE NO ES PARTE INTEGRANTE DEL TERRITORIO DEL ESTADO. EL MAR PATRIMONIAL ASI ENTENDIDO, ES UN CONCEPTO ECONOMICO, CUYA ENUNCIACION SE DEBE PRECISAMENTE A LA CONCIENCIA ADQUIRIDA SOBRE EL VALOR DEL MAR, POR LOS RECURSOS BIOLOGICOS Y MINERALES QUE ENCIERRA.

SENTADAS LAS BASES JURIDICAS QUE RIGEN NUESTROS DERECHOS SOBRE EL MAR, TOCA A NOSOTROS COMO INGENIEROS LA RESPONSABILI

DAD DEL MEJOR APROVECHAMIENTO DE NUESTROS RECURSOS MARINOS, CONSTRUYENDO CADA VEZ MAS Y MEJORES INSTALACIONES ALEJADAS DE LA COSTA.

2. FABRICACION DE ESTRUCTURAS

PARA LA FABRICACION DE LAS GRANDES ESTRUCTURAS QUE SE INSTALAN ALEJADAS DE LA COSTA ES NECESARIO CONTAR CON LOS PATIOS DE FABRICACION QUE REUNAN LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

1. FACIL ACCESO AL MAR, YA SEA COLOCADOS EN LA DESEMBOCADURA DE UN RIO-CON TIRANTE SUFICIENTE PARA NAVEGACION-O CERCANA A ELLA.
2. VIAS DE ACCESO TERRESTRE PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES:-CARRETERAS, FERROCARRILES.-
3. CONTAR CON SERVICIOS DE ENERGIA ELECTRICA.
4. AREA CON DIMENSIONES SUFICIENTES PARA ALOJAR EL TRABAJO A DESARROLLAR, CONSIDERANDO EL AREA EN SI DE TRABAJOS, ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPO, AREAS DE CIRCULACION PARA EL EQUIPO PESADO Y AREAS DE OFICINAS, COMEDORES, BODEGAS Y ESTACIONAMIENTO.

NORMALMENTE SE PROCEDE AL ACONDICIONAMIENTO DE LOS PATIOS DE FABRICACION CONSISTENTE EN LOS SIGUIENTES TRABAJOS:

1. DESMONTE DE TERRENO
2. ELIMINACION DE LA CAPA VEGETAL
3. ELEVAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DE ACUERDO A LAS INDICACIONES DE LOS ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS Y A LAS RESISTENCIAS QUE DEBE DE TENER DE ACUERDO A LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPOS QUE HA DE SOPORTAR.
4. PILOTEO PARA LA COLOCACION DE LAS VIGAS DE DESLIZAMIENTO.

5. CONSTRUCCION DE VIGAS DE DESLIZAMIENTO

6. CONSTRUCCION Y ACONDICIONAMIENTO DE MUELLES

7. DRAGADO DE LA MARGEN DEL RIO DONDE SE LOCALIZAN LOS PATIOS HASTA ALCANZAR LA PROFUNDIDAD NECESARIA PARA QUE LOS CHALANES Y REMOLCADORES PUEDAN ATRACAR Y CARGAR LAS ESTRUCTURAS PARA SU TRANSPORTE AL AREA DE TRABAJO.

EL CASO TIPICO DE FABRICACION DE ESTRUCTURAS PARA SU INSTALACION FUERA DE LA COSTA, LO REPRESENTA LA PLATAFORMA PETROLERA MARINA, YA SEA DE PERFORACION, PRODUCCION O DE ENLACE, QUE TIENEN PROCESO DE FABRICACION MUY SEMEJANTES, CON LA EXCEPCION DE QUE LAS DOS ULTIMAS NO LLEVAN CONDUCTORES.

PLATAFORMA MARINA	SUBESTRUCTURA O JACKET	PILOTES	CONDUCTORES	SUPERESTRUCTURA O DECK
DE PERFORACION	X	X	X	X
DE PRODUCCION	x	x		x
DE ENLACE	X	X		X

SUBESTRUCTURA O JACKET.

REPRESENTA UNA UNIDAD PIRAMIDAL TOTALMENTE TUBULAR QUE SE APOYARA EN EL LECHO MARINO Y SUS ELEMENTOS PRINCIPALES SON 4 MARCOS TRAPEZOIDALES DE 50 A 80 MTS: DE LONGITUD, DEPENDIENDO DE

LA PROFUNDIDAD A DONDE SE INSTALARA, FORMADOS POR TUBERIA DE 52" Y 48" DE DIAMETRO.

LOS 4 MARCOS SON SOLDADOS CON TODOS SUS ELEMENTOS EN EL PISO PARA POSTERIORMENTE SER IZADOS Y UNIDOS CON OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE TAL MANERA DE IR INTEGRANDO LA BASE DE LA - PLATAFORMA.

LA SUBESTRUCTURA INTEGRADA POR LOS 4 MARCOS PERMITIRA TENER 8 PUNTOS DE APOYO, SOBRE EL LECHO MARINO, ASI COMO REFUERZOS TANTO LONGITUDINALES COMO TRANSVERSALES EN LOS DIFERENTES NIVELES DE LA SUBESTRUCTURA.

UNA VEZ ARMADA LA SUBESTRUCTURA SE PROCEDE A LA OBTURACION - DE LOS EXTREMOS DE LAS PIERNAS DE LA SUBESTRUCTURA PARA ASEGURAR LA FLOTABILIDAD.

COLOCACION DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTRUCTURA TALES COMO ATRACADEROS VALVULAS DE INUNDACION EN LAS PIERNAS, COLOCACION DE ANODOS PARA PROTECCION CATODICA, ETC.

CUANDO LA PLATAFORMA VA A SER DESTINADA A PERFORACION SE COLOCAN UNAS GUIAS PARA LOS TUBOS CONDUCTORES DE CADA POZO.

TODAS LAS JUNTAS SOLDADAS SON CONTROLADAS EN CUANTO A SU CALIDAD POR MEDIO DE REGISTROS DE RAYOS 'X' O DE ULTRASONIDO, DE MANERA QUE GARANTICEN LA SOLIDEZ DE LA ESTRUCTURA.

SUPER ESTRUCTURA O DECK

ES LA PARTE SUPERIOR DE LA PLATAFORMA MARINA, FORMADA POR 8 - COLUMNAS Y DOS PISOS PRINCIPALES, SE ENSAMBLA DIRECTAMENTE AL EXTREMO SUPERIOR DE LAS PIERNAS DE LA SUBESTRUCTURA O JACKET.

SU CONSTRUCCION PRECISA DE MANIOBRAS PERFECTAMENTE COORDINADAS ENTRE GRUAS DE GRAN CAPACIDAD, ASI COMO DE LOS MISMOS - CONTROLES DE EXACTITUD Y CALIDAD TOMADOS EN CUENTA PARA LA FABRICACION DE LA SUBESTRUCTURA - JACKET -

DENTRO DE ESTA SUPERESTRUCTURA SE CONSTRUYEN LOS ACCESOS A LOS DIFERENTES PISOS QUE HABRA EN LA PLATAFORMA, COMO SON:

EL PISO DE ATRACAMIENTO, QUE ES LA PARTE SUPERIOR DE LA SUBESTRUCTURA.

EL DE PRODUCCION Y EL DE PERFORACION, EN EL CASO DE QUE LA PLATAFORMA SEA DESTINADA A ESTE ULTIMO OBJETO.

EL PISO DENOMINADO DE PRODUCCION, CORRESPONDE AL NIVEL INTERMEDIO DE LA SUPERESTRUCTURA Y SERA DONDE SE ALOJEN LOS ARBOLES DE NAVIDAD DE LOS POZOS TERMINADOS, ASI COMO LAS TUBERIAS DE CONDUCCION DEL FLUJO DE LOS HIDROCARBUROS, ADEMAS DE SERVICIOS AUXILIARES PARA LAS OPERACIONES DE PERFORACION.

EN EL PISO DE PERFORACION SE ALOJAN TODOS LOS ELEMENTOS DEL EQUIPO CON QUE SE EJECUTA ESTA OPERACION, TALES COMO LA TORRE, EL MALACATE, LA MESA ROTATORIA, LOS EQUIPOS DE BOMBEO, ETC;

EL HELIPUERTO, ASI COMO LOS PAQUETES HABITACIONALES SE INSTALAN SOBRE ESTE MISMO PISO FORMADO AL IGUAL QUE EL DE PRODUCCION POR VIGAS ESTRUCTURALES CON MODULOS SOBREPUESTOS DE REJILLA ANTIDERRAPANTE TIPO IRVING.

CON PROCEDIMIENTOS SIMILARES SE FABRICAN LOS TRIPODES Y PUENTES QUE COMPLEMENTAN LOS COMPLEJOS PETROLEROS - COSTA AFUERA .

ACTIVADES A DESARROLLAR PARA LA FABRICACION DE UNA PLATAFORMA DE PERFORACION Y REBOMBEO

I. SUB-ESTRUCTURA (JACKET).

1. RECEPCION DE MATERIALES
2. FABRICACION DE MARCOS
3. ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL
4. FABRICACION PASILLOS Y BARANDALES
5. DEFENSA Y ATRACADEROS
6. PINTURA Y PROTECCION ANTICORROSIVA
7. CARGA Y AMARRE

II. SUPER-ESTRUCTURA (DECK).

1. RECEPCION DE MATERIALES
2. FABRICACION DE MARCOS
3. FABRICACION CUBIERTA INFERIOR
4. FABRICACION CUBIERTA SUPERIOR
5. FABRICACION PASILLOS, BARANDALES Y ESCALERAS.
6. INST. ELECTROMECANICAS
7. PINTURA Y PROTECCION ANTICORROSIVA
8. CARGA Y AMARRE.

III. PILOTES.

1. RECEPCION DE MATERIAL
2. FAB. PRIMERA SECCION
3. FAB. SEGUNDA SECCION

4. FAB. TERCERA SECCION
5. FAB. CUARTA SECCION
6. FAB. QUINTA SECCION
7. CARGA Y AMARRE

IV. CONDUCTORES.

1. RECEPCION DE MATERIAL
2. FAB. PRIMERA SECCION
3. FAB. SEGUNDA SECCION
4. FAB. TERCERA SECCION
5. FAB. CUARTA SECCION
6. FAB. QUINTA SECCION
7. CARGA Y AMARRE

ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA LA FABRICACION DE UNA PLATAFORMA DE ENLACE Y PRODUCCION TEMPORAL

I. SUB-ESTRUCTURA (JACKET)

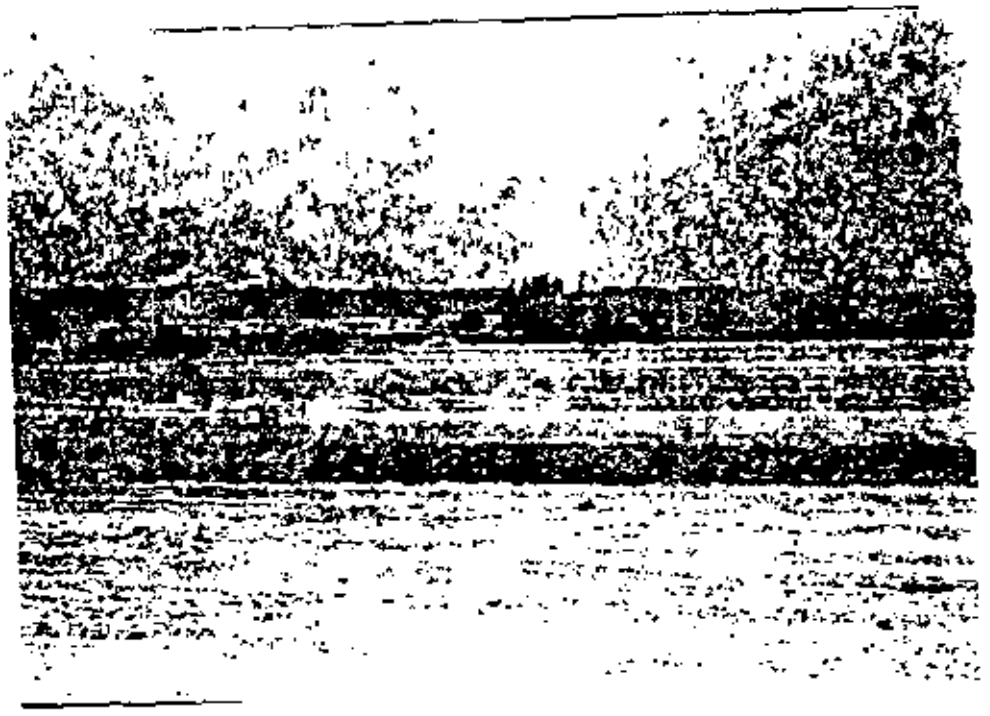
1. RECEPCION DE MATERIALES
2. FABRICACION DE MARCOS
3. ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL
4. FABRICACION PASILLOS Y BARANDALES
5. DEFENSAS Y ATRACADEROS
6. PINTURA Y PROTECCION ANTICORROSIVA
7. CARGA Y AMARRE

II. SUPER-ESTRUCTURA (DECK)

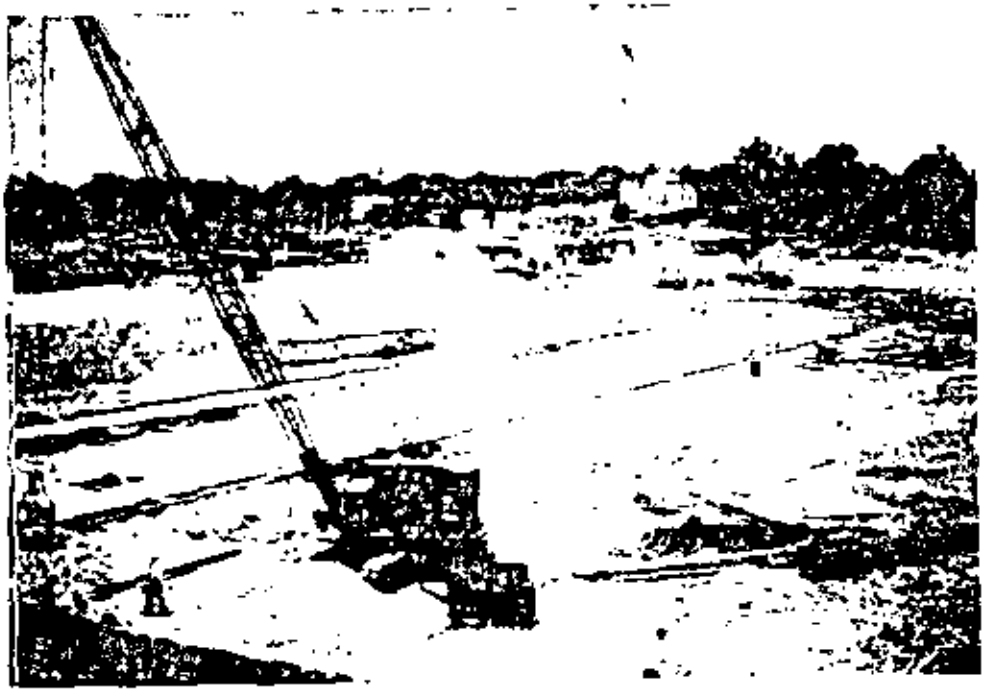
1. RECEPCION DE MATERIALES Y EQUIPO
2. FABRICACION MARCOS
3. FABRICACION DE CUBIERTAS INFERIOR
4. FABRICACION DE CUBIERTAS INTERIOR
5. FABRICACION DE CUBIERTAS SUPERIOR
6. FABRICACION TUBERIAS
7. MONTAJE DE TUBERIAS
8. SISTEMAS ELECTRICOS
9. FABRICACION DE PASILLOS Y BARANDALES
10. MONTAJE DE EQUIPO
11. PINTURA Y PROT. ANTICORROSIVA
12. CARGA Y AMARRE

III. PILOTES.

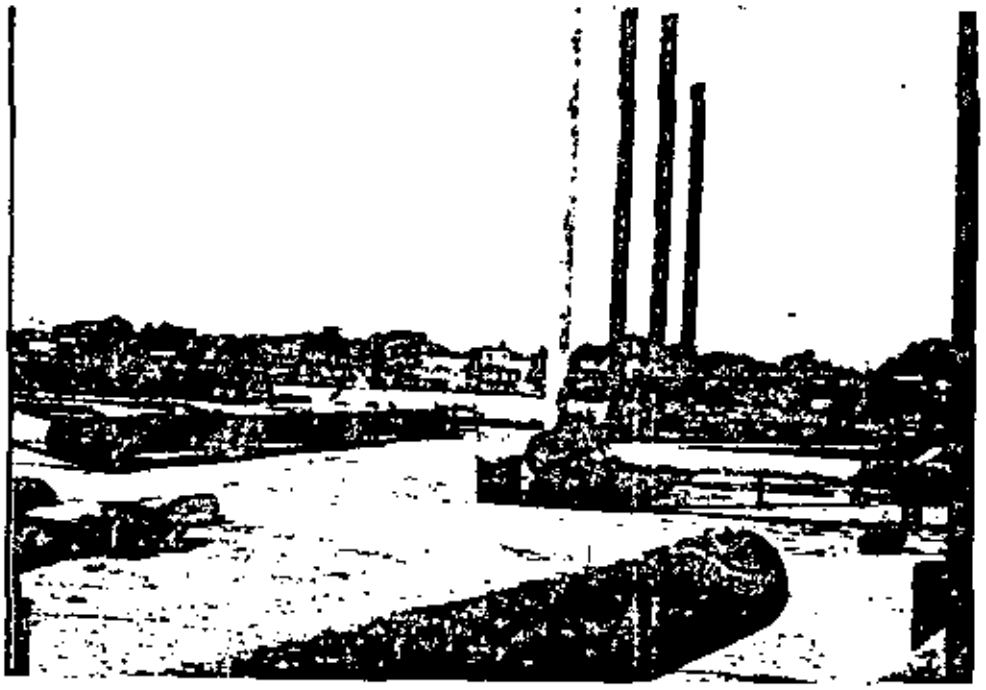
1. RECEPCION DE MATERIAL
2. FAB. PRIMERA SECCION
3. FAB. SEGUNDA SECCION
4. FAB. TERCERA SECCION
5. FAB. CUARTA SECCION
6. FAB. QUINTA SECCION
7. CARGA Y AMARRE



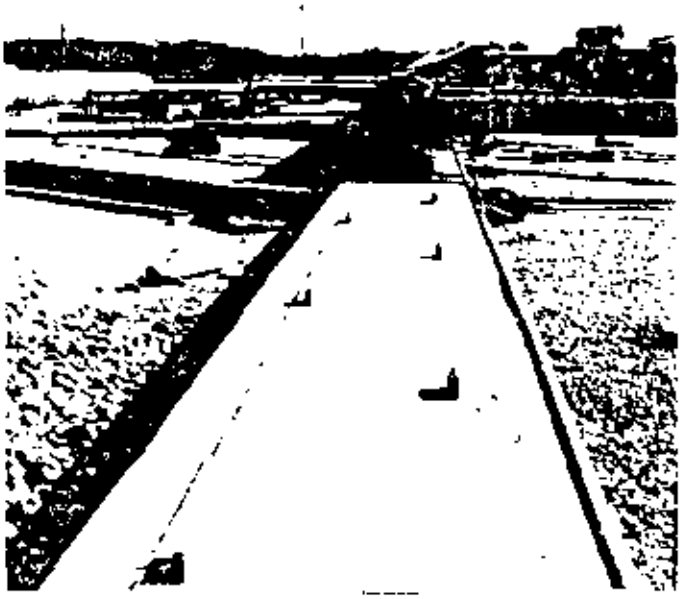
ACONDICIONAMIENTO DE PATIOS

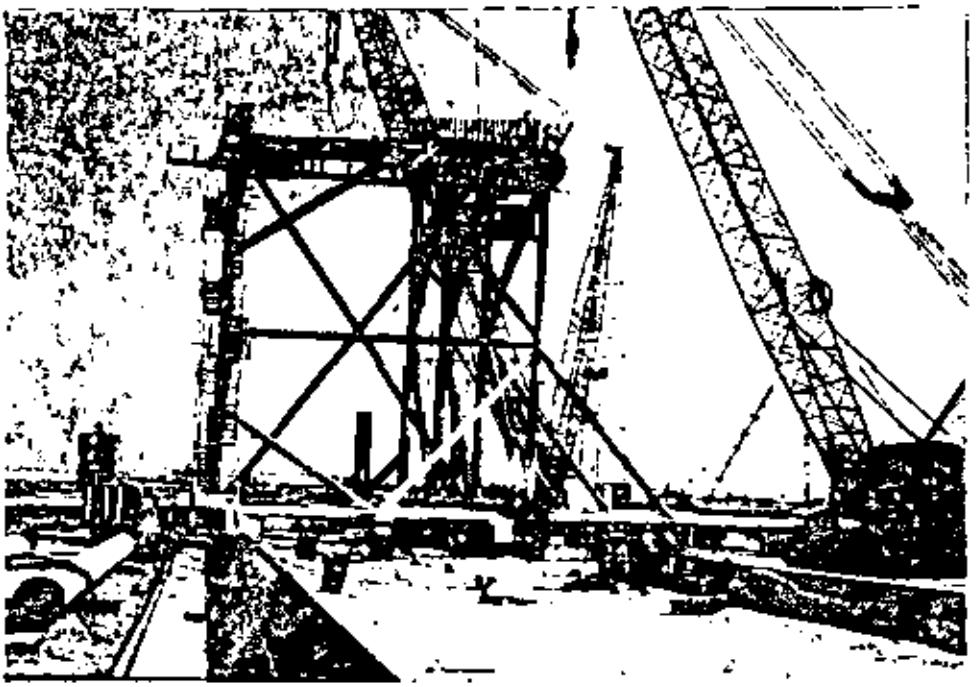


SKY DE DESLIZAMIENTO

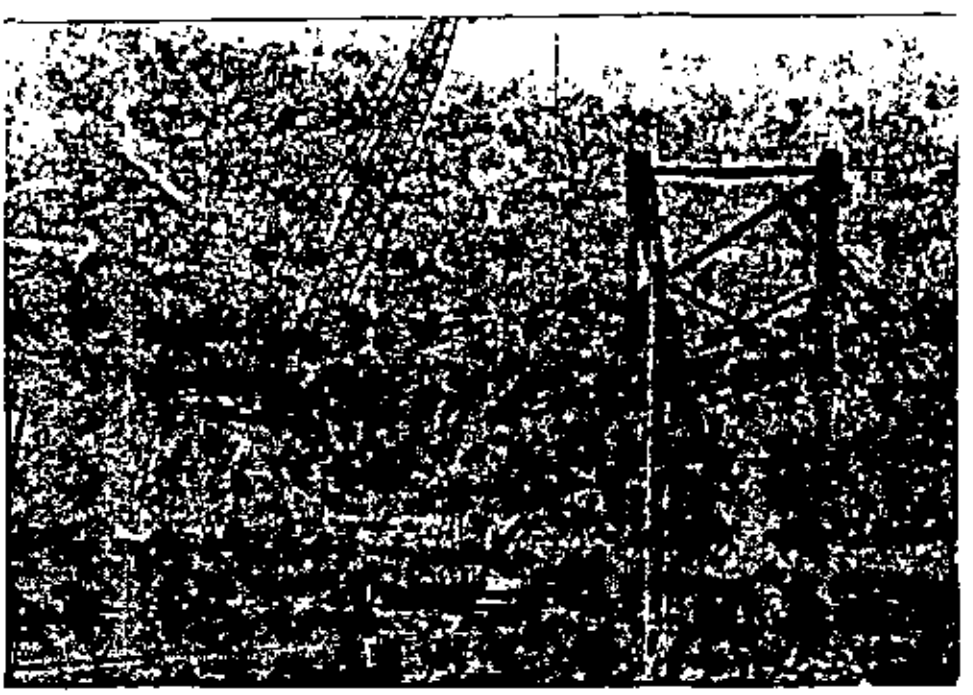


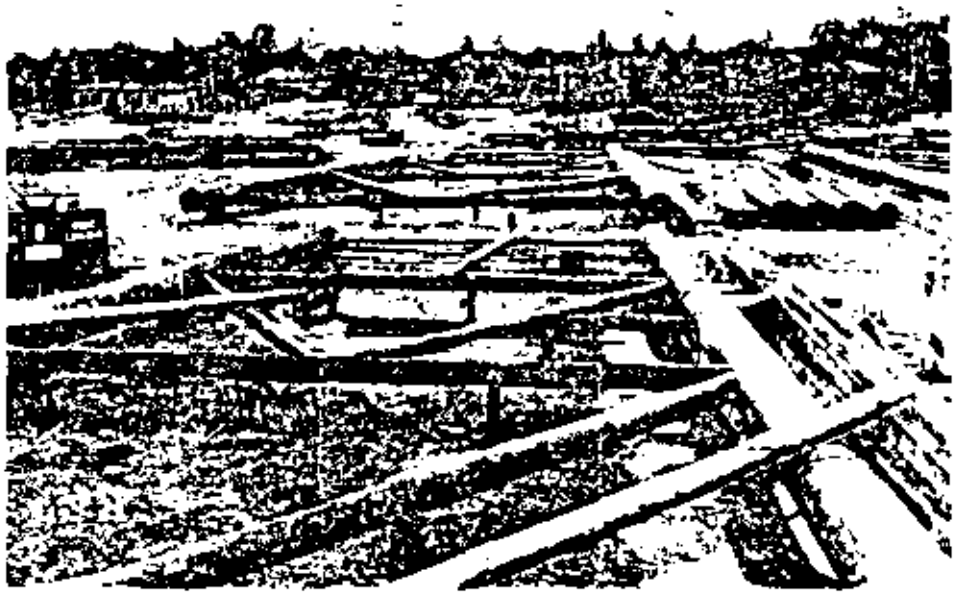
APOYO DE LA SUBESTRUCTURA SOBRE VIGA DE DESLIZAMIENTO



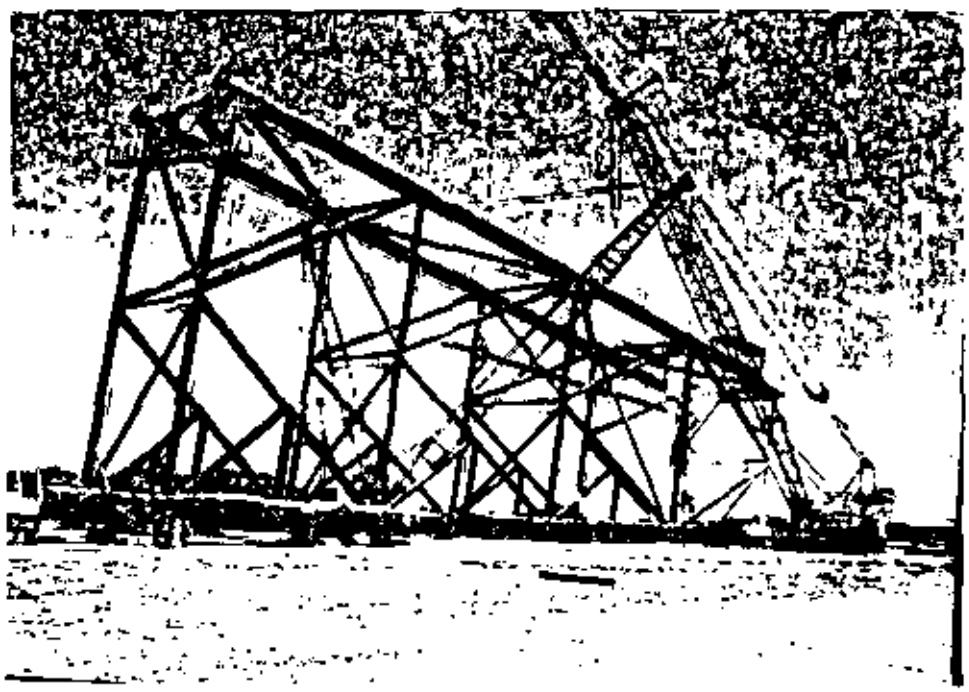


ARMADO DE MARCOS DE LA SUBESTRUCTURA - JACKETS -



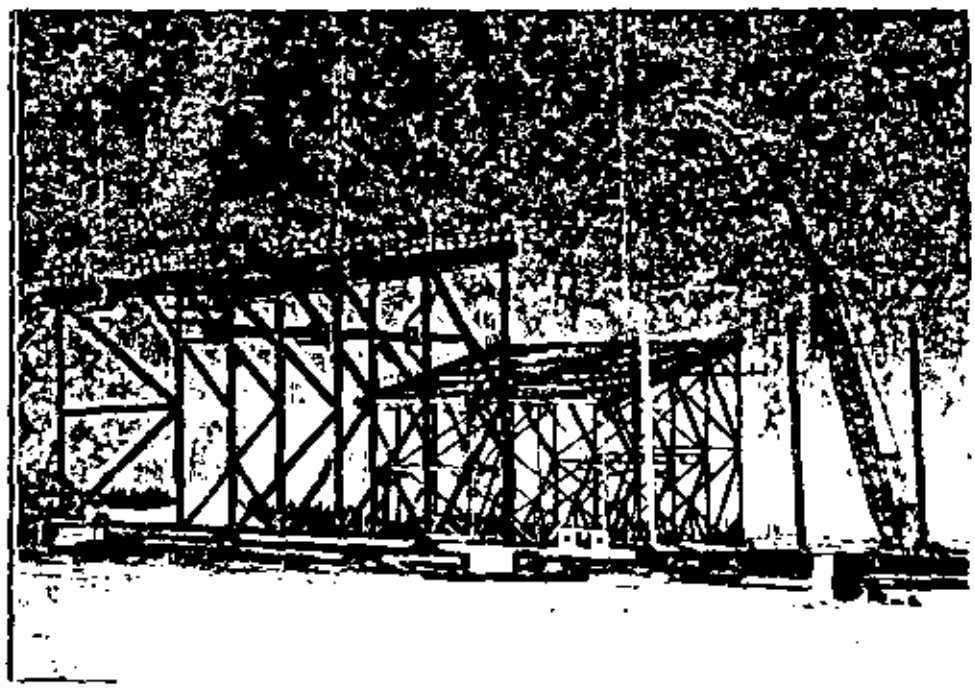


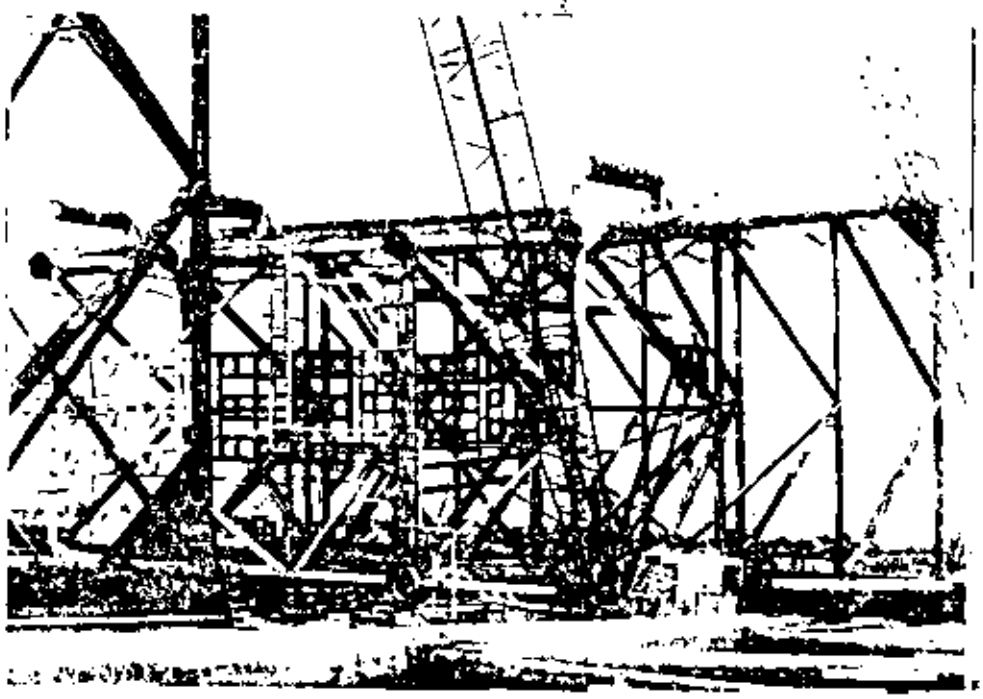
ARMADO DE MARCOS DE LA SUBESTRUCTURA - JACKETS -



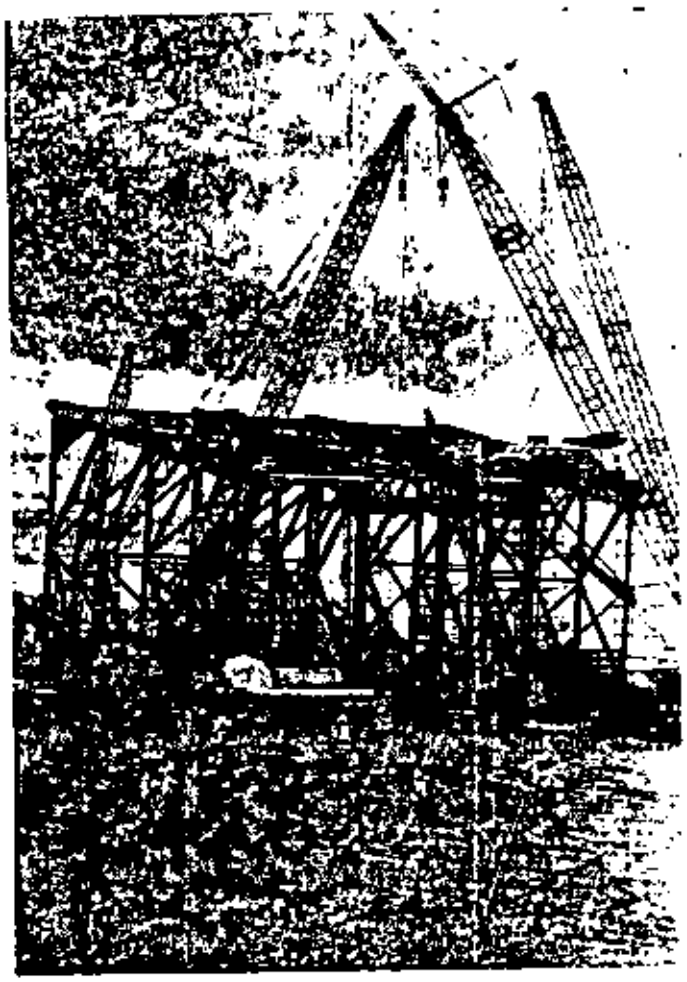
PRODUCCION EN SERIE DE PLATAFORMAS MARINAS

- JACKETS -

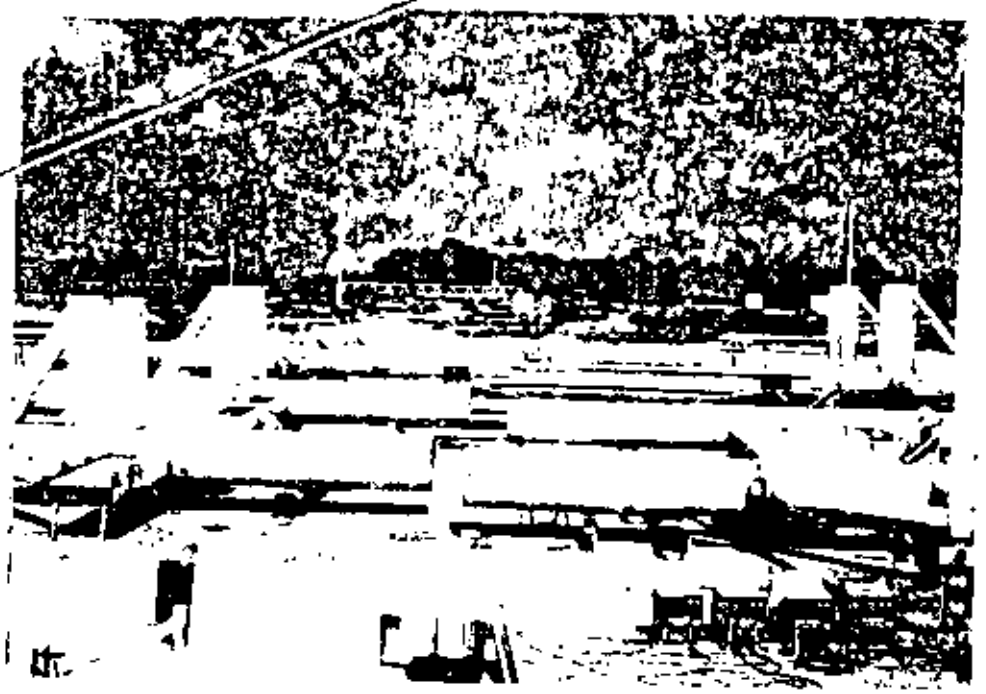


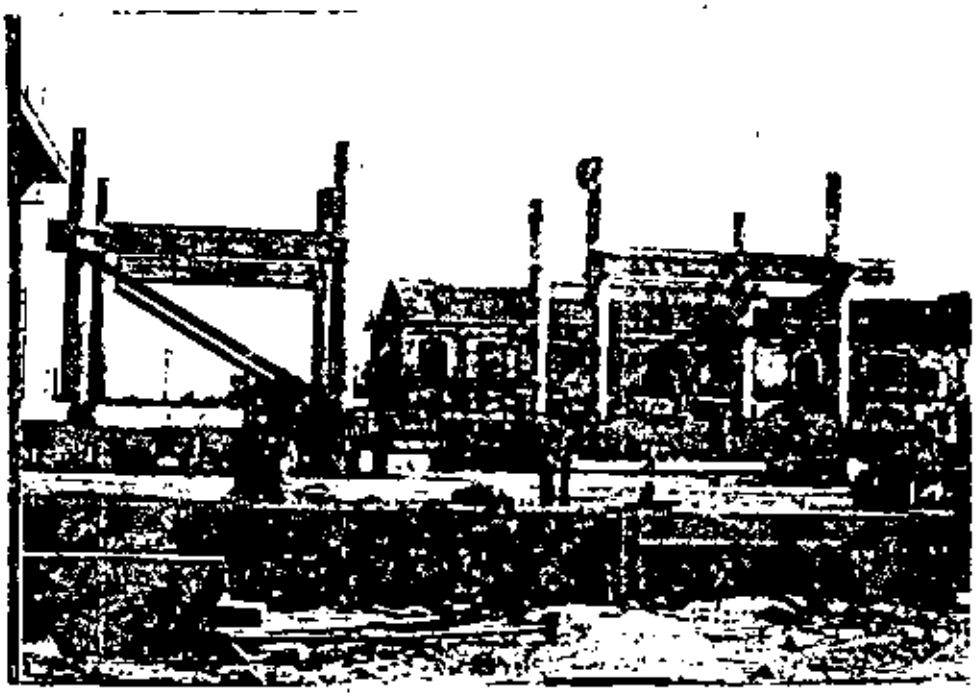


COLOCACION DE DEFENSAS - JACKETS -

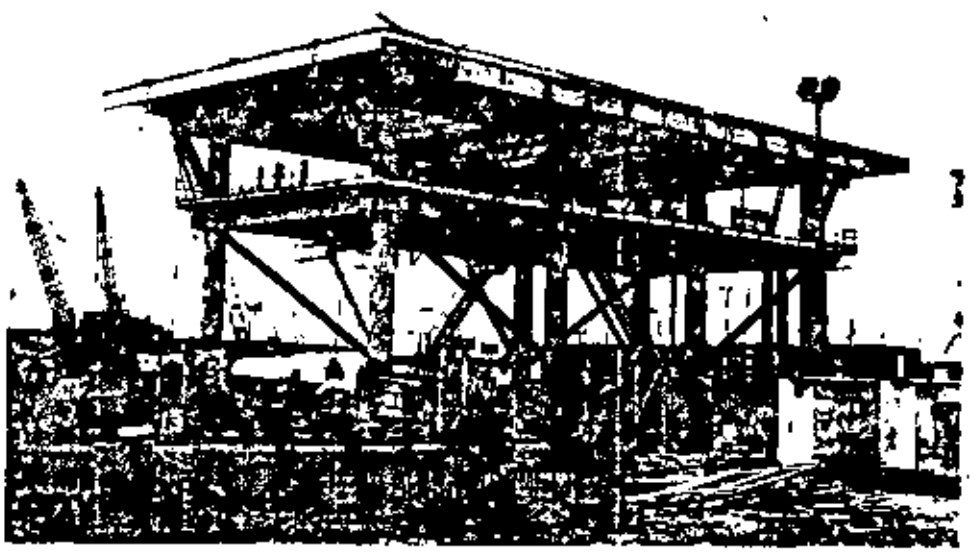


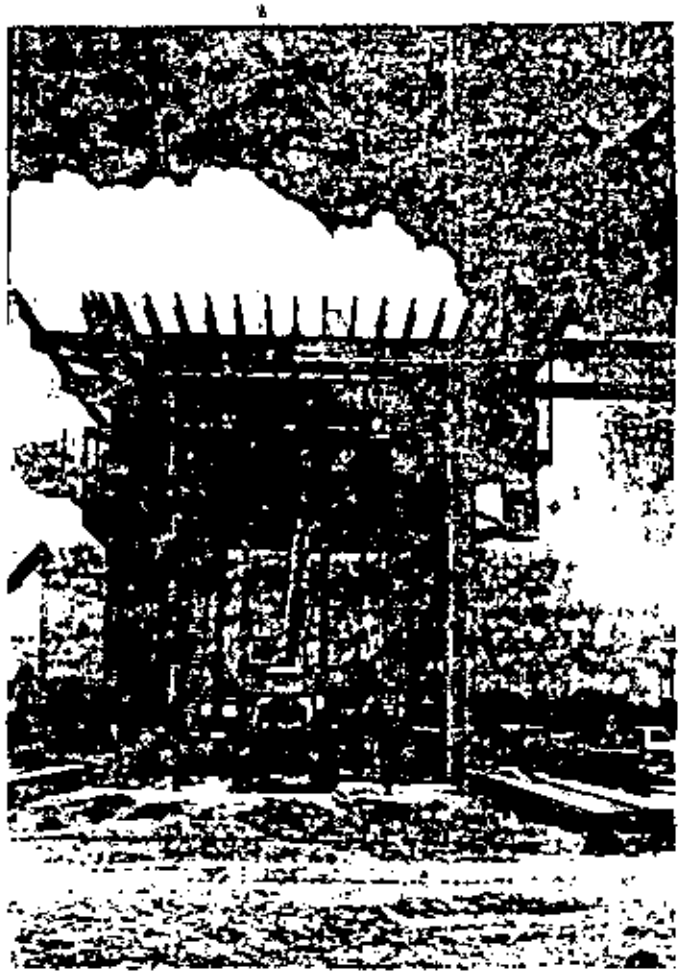
CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA - DECKS -



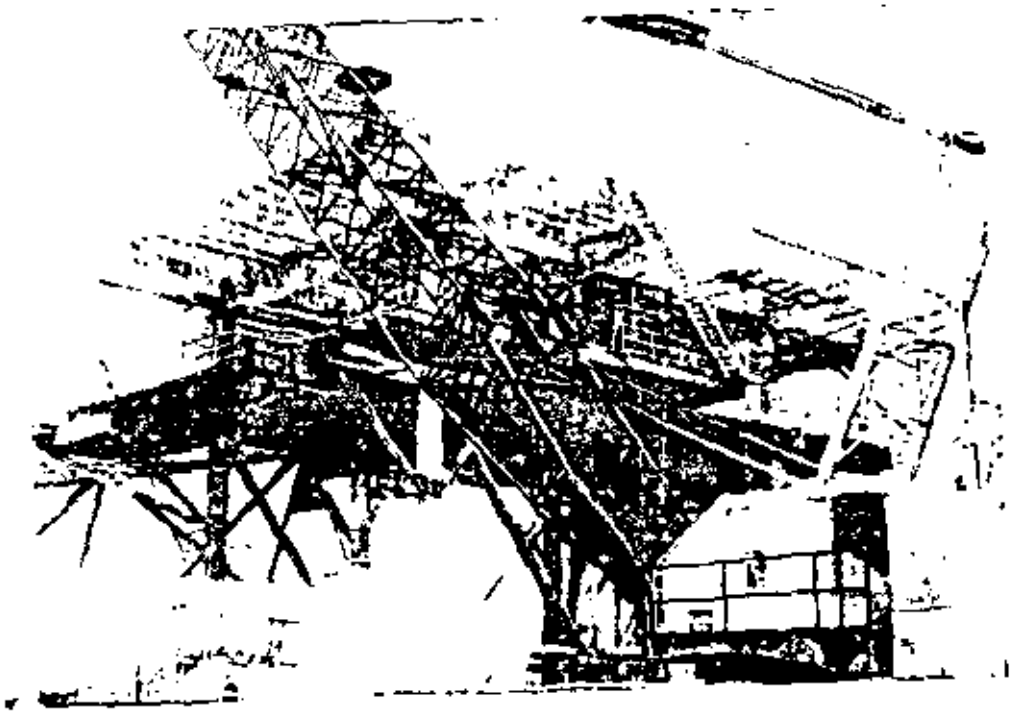


CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA - DECKS -

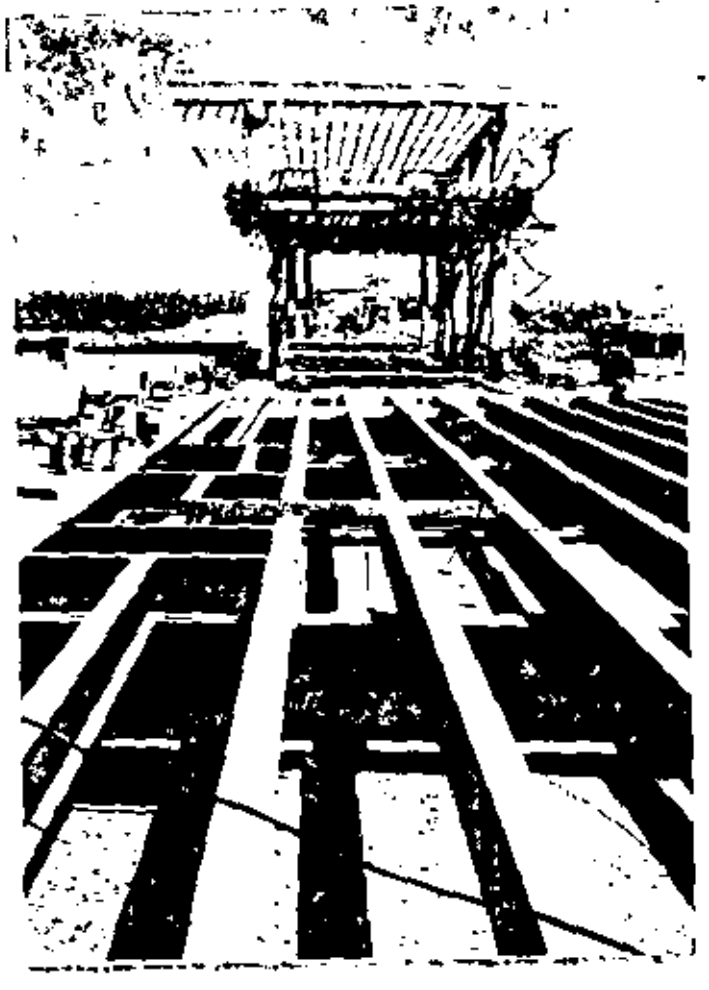




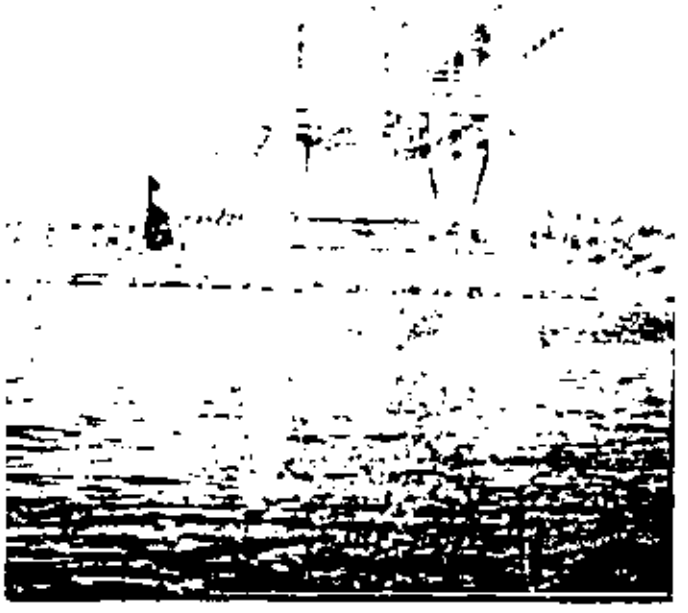
CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA - DECK -



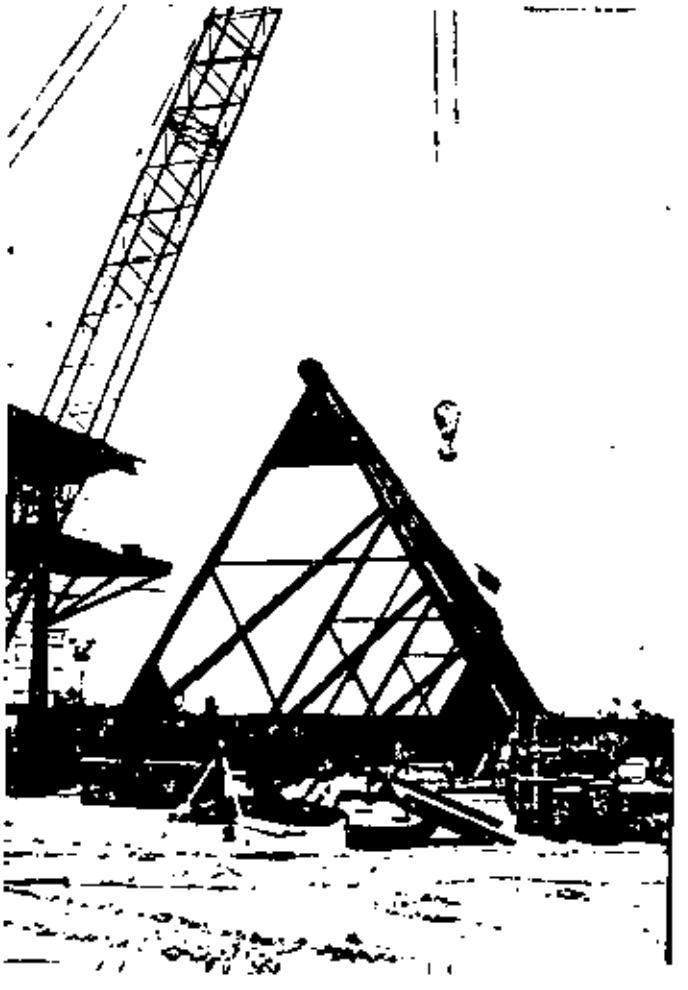
CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA - DECK -

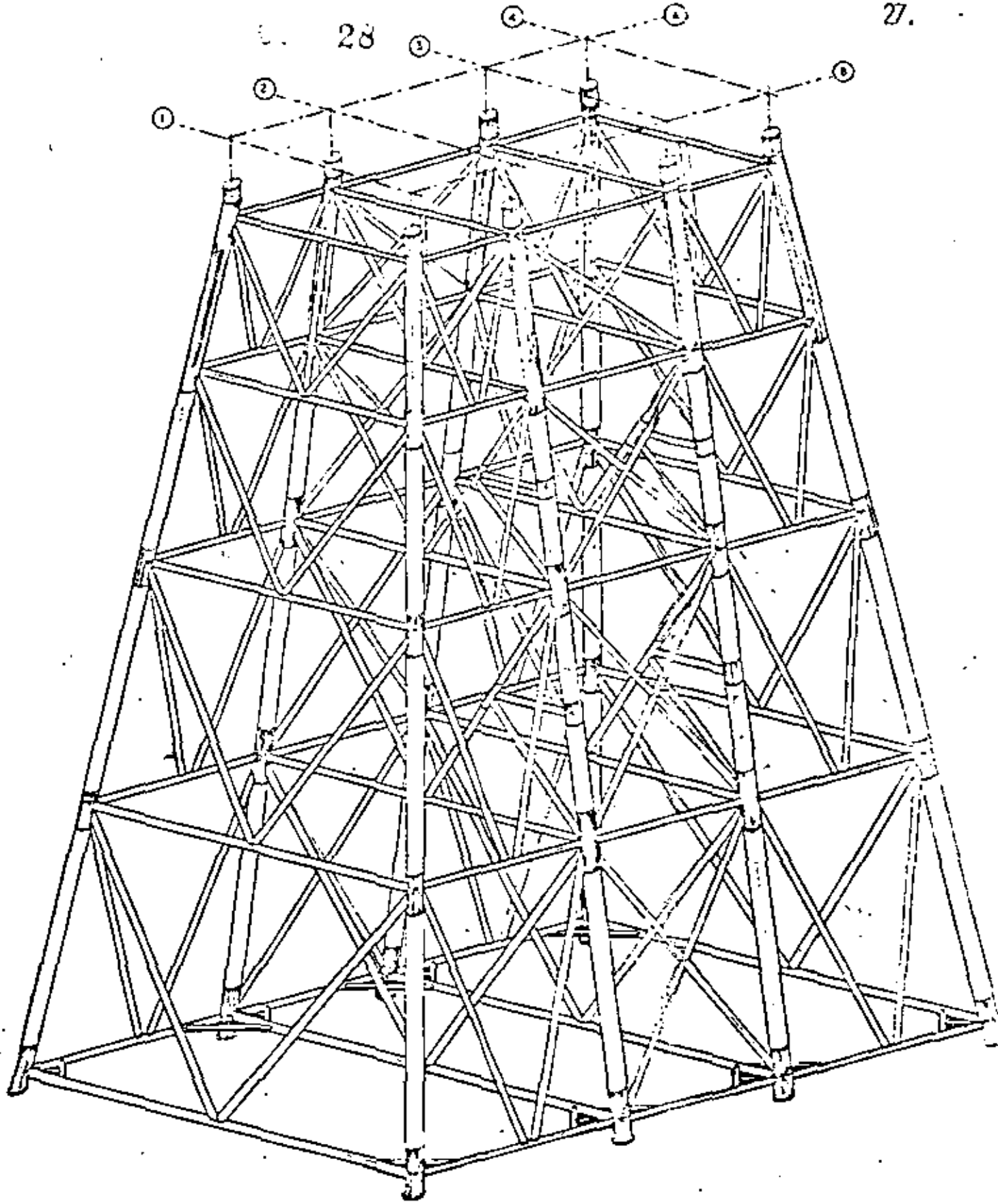


SUPERESTRUCTURA - DECK -

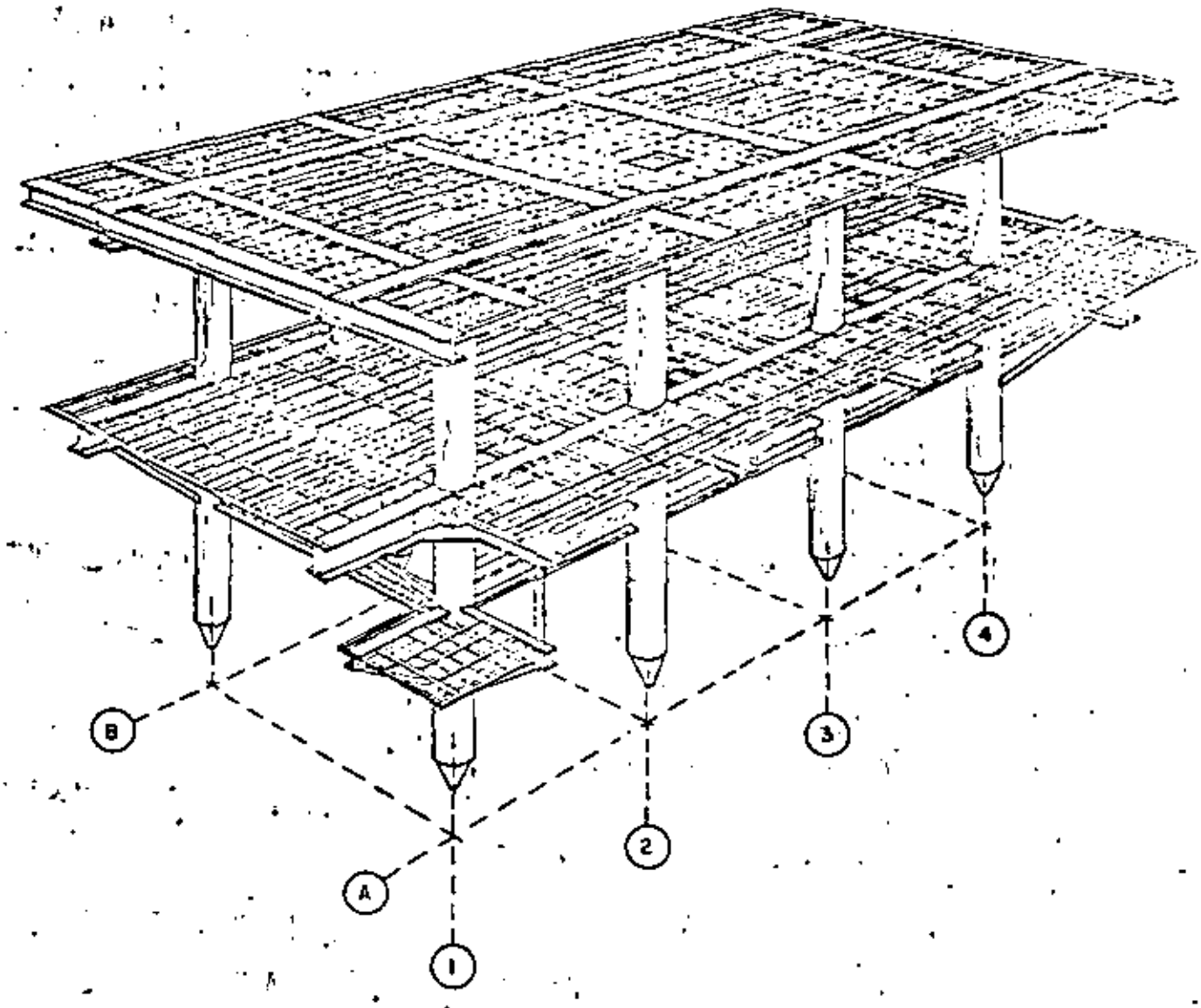


CONSTRUCCION DE TRIPODE PARA EL QUEMADOR





SUBESTRUCTURA
(JACKET)



SUPERESTRUCTURA
(DECK)

3. TRANSPORTE Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS

UNA VEZ TERMINADA LA SUBESTRUCTURA Y PROGRAMADA SU INSTALACION EN EL AREA DE TRABAJO, EL CHALAN QUE SE ENCARGARA DE TRANSPORTARLA HACIA ALTA MAR, ES ACOMODADO DE TAL FORMA, QUE LAS TRABES DE DESLIZAMIENTO DONDE SE ENCUENTRAN DESCANSANDO LOS MARCOS CENTRALES, COINCIDAN CON LAS TRABES QUE PARA EL MISMO OBJETO ESTAN PRECONSTRUIDAS SOBRE EL CHALAN DE LANZAMIENTO.

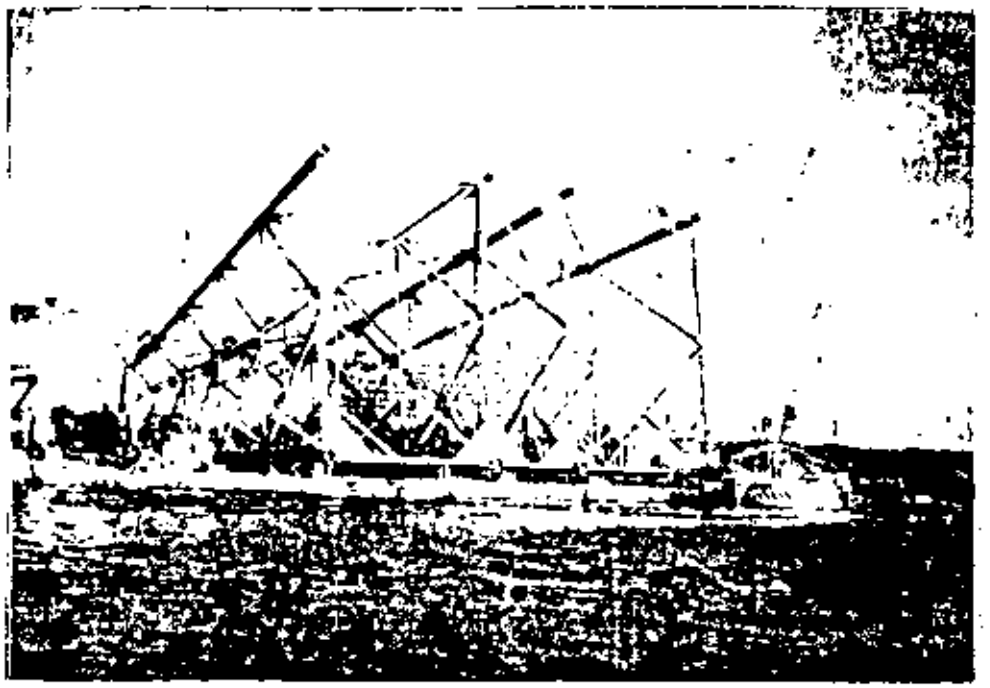
DOS MALACATES CON LA POTENCIA REQUERIDA PARA ARRASTRAR LAS 800 TON. QUE PESA LA SUBESTRUCTURA, INICIAN EL JALON DE ESTA PARA MONTARLA SOBRE EL CHALAN.

TERMINADA LA MANIOBRA SE ASEGURA LA ESTRUCTURA CON SOLDADURA Y SE INICIA EL TRANSPORTE CON EL AUXILIO DE REMOLCADORES ESPECIALIZADOS EN ESTE TIPO DE OPERACIONES.

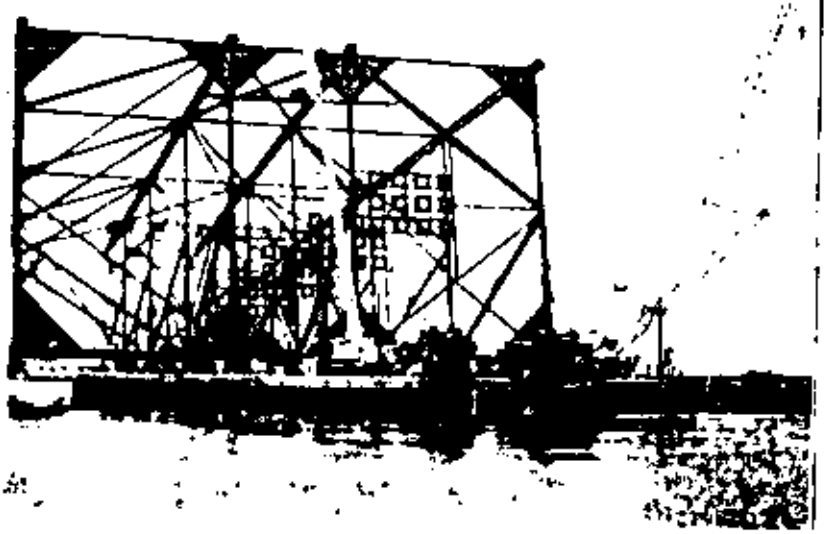
AL MISMO TIEMPO QUE SE TRANSPORTA LA SUBESTRUCTURA EN OTRO CHALAN DE CARGA, CON EL REMOLCADOR RESPECTIVO, SON TRANSPORTADOS LOS PILOTES Y CONDUCTORES.

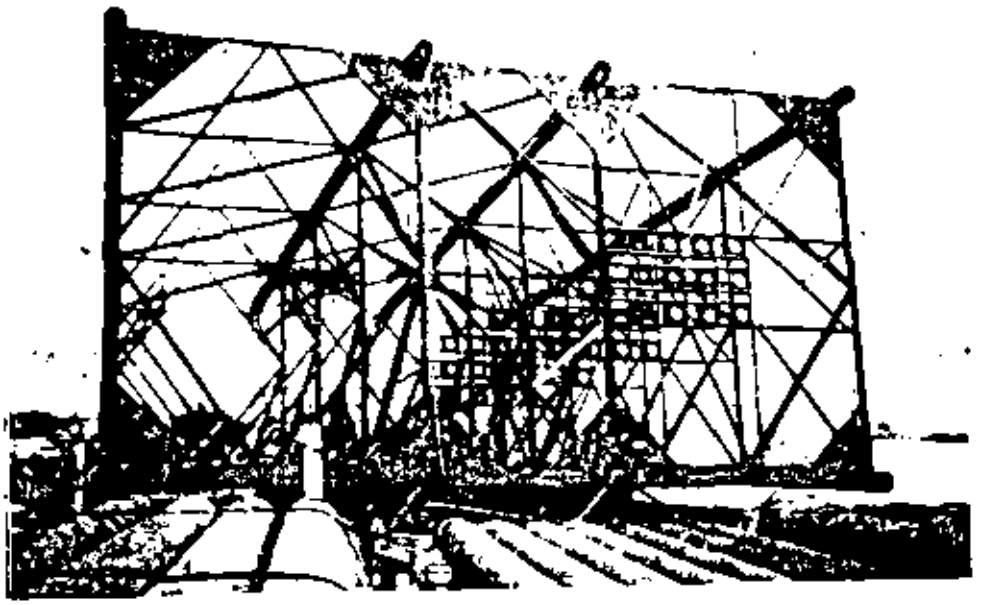
DE MANERA SIMILAR A LA MANIOBRA DE CARGA DE LA SUBESTRUCTURA SE REALIZA EL MONTAJE A LA BARCAZA DE CARGA DE LA SUPERESTRUCTURA O DECK, AUXILIANDOSE EN PERFECTA COORDINACION DE LAS GRUAS NECESARIAS PARA SU IZAMIENTO Y COLOCACION SOBRE EL CHALAN.

SUBESTRUCTURA - JACKET - LISTA PARA SU TRANSPORTE

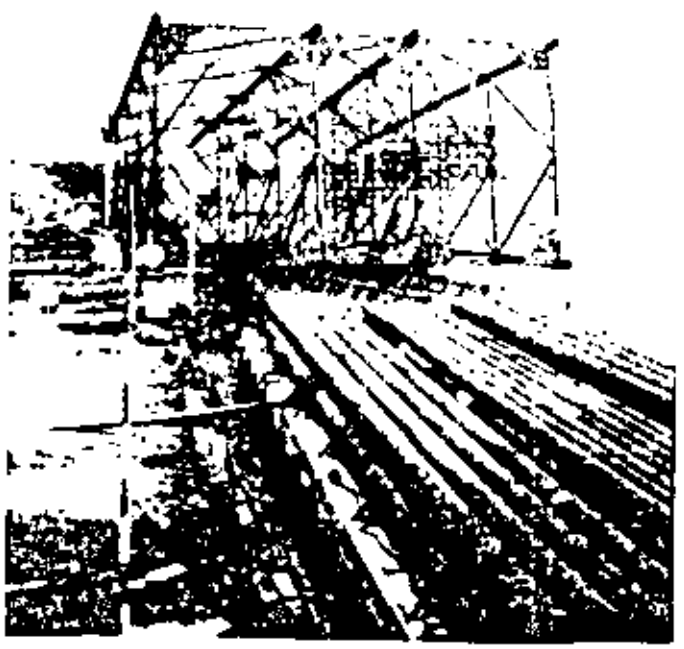


SUBESTRUCTURA MONTADA SOBRE EL CHALAN DE LANZAMIENTO

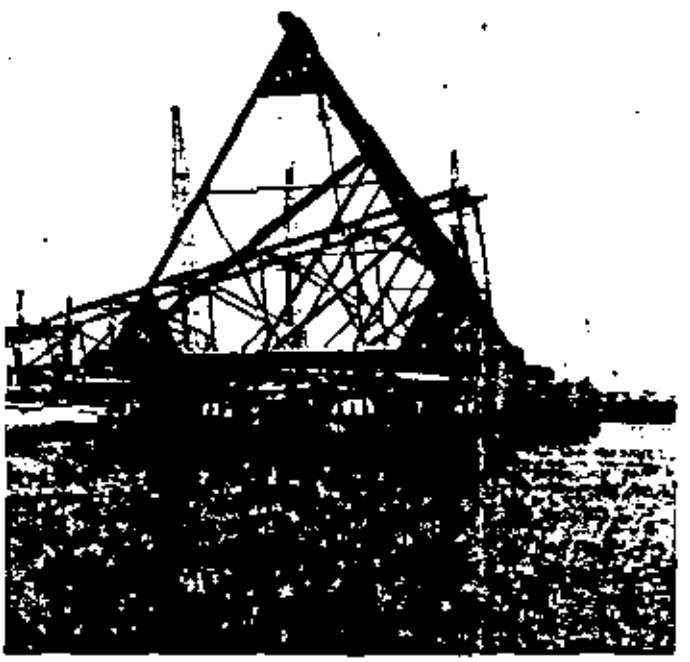




SUBESTRUCTURA -JACKET- Y PILOTES LISTOS PARA NAVEGAR AL AREA DE TRABAJO MONTADOS SOBRE CHALANES DE DESLIZAMIENTO Y CARGA RESPECTIVAMENTE.



TRIPODE SOBRE CHALAN DE CARGA LISTO PARA SU TRANSPORTE AL AREA DE TRABAJO.



4. LANZAMIENTO DE SUBESTRUCTURAS.

AL ARRIBO DE LA SUBESTRUCTURA EN EL CHALAN DE LANZAMIENTO AL SITIO DE BOTADURA, ESTA SE ANCLA DE MANERA QUE AL BOTAR LA - SUBESTRUCTURA, QUEDA UNA DISTANCIA APROXIMADAMENTE DE 300 M. ENTRE LA MISMA Y EL BARCO GRUA. PARA LO CUAL SE COMIENZA A LASTRAR LA BARCAZA A SU CONFIGURACION DE BOTADURA, ES DECIR, ± 2° HACIA POPA Y SE COMIENZA A CORTAR LAS AMARRAS MARINAS. DURANTE ESTE TIEMPO, SE ENGANCHA UN REMOLCADOR A LA POPA DE LA BARCAZA GIRANDOLA A POSICION DE BOTAR; LUEGO SE ENGANCHA AL CABLE DEL MALACATE A LA BRIDA DE ARRASTRE DE LA SUBESTRUCTURA, CON ESTE CABLE SE TIRA DE ELLA HACIA EL BARCO GRUA.

PARA PROCEDER A LA BOTADURA DE LA SUBESTRUCTURA. ESTO SE HACE ATIESANDO LOS CABLES DEL MALACATE QUE ESTAN SUJETOS A LAS OREJAS DE BOTADURA DE LA SUBESTRUCTURA CON EL MALACATE SE TIRA DE LA MISMA DESLIZANDOLA SOBRE LARGUEROS O VIGAS HASTA QUE SU CENTRO DE GRAVEDAD REBASE EL EJE DE ROTACION DE LAS VIGAS DE VOLTEO. EN ESTE PUNTO LA SUBESTRUCTURA SE BOTA SIN AYUDA.

UNA VEZ QUE ESTE LA SUBESTRUCTURA EN EL AGUA, UN REMOLCADOR TOMA UNA DE LAS LINEAS DE RETEN SUJETAS A LA PARTE INFERIOR DE LAS PIERNAS.

CON EL BARCO GRUA SE POSICIONA LA SUBESTRUCTURA DE MANERA - QUE PUEDE SUJETARSE EL GANCHO PRINCIPAL DE LA GRUA A LOS ES

LINGUES PARA ENDEREZARLOS.

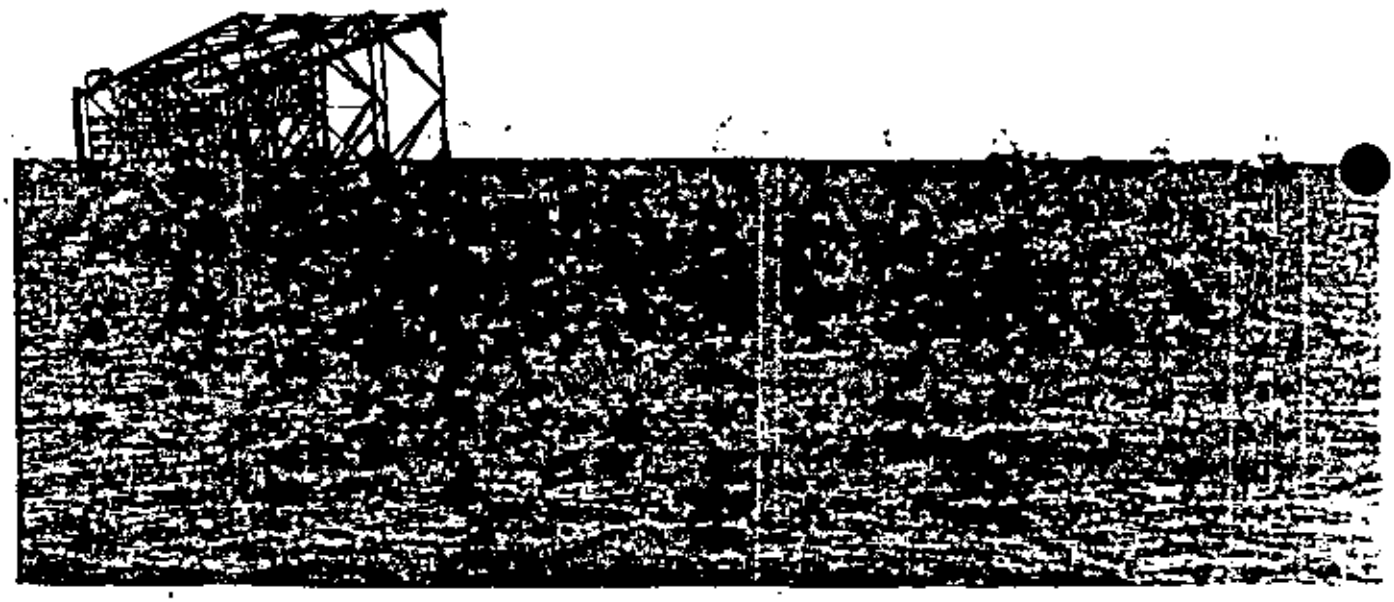
SE DEBE PONER MUCHA ATENCION EN LO ANTERIOR, PORQUE DE LO CONTRARIO, SE PROVOCARIA DESIGUALDAD AL TIRO DE LOS MALACATES -- OCASIONANDO QUE SE TRABE LA SUBESTRUCTURA EN LOS RIELES GUIA DEL LARGUERO DE DESLIZAMIENTO; CUANDO LOS ESLINGUES NO ESTAN ENGANCHADOS CORRECTAMENTE AL GANCHO PRINCIPAL SE CRUZAN Y AL QUEDAR LA SUBESTRUCTURA EN POSICION VERTICAL ESTA QUEDA DESNIVELADA.

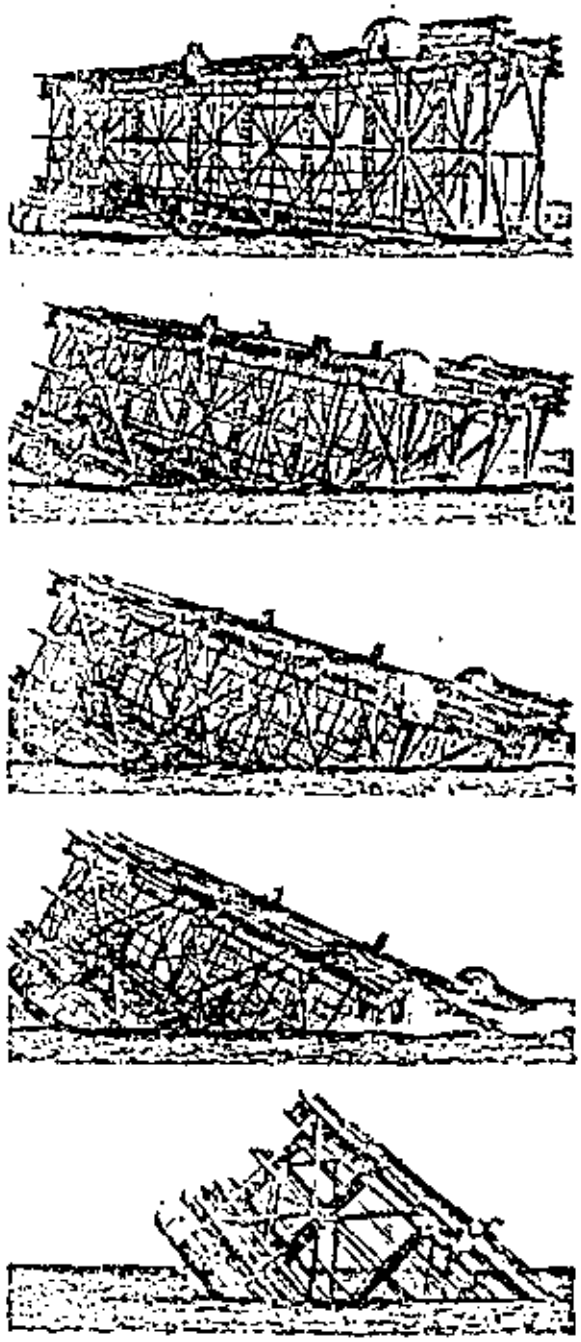
UNA VEZ CONECTADAS LAS ESLINGAS DE ENDEREZAR AL GANCHO PRINCIPAL, SE LEVANTA LA SUBESTRUCTURA HASTA QUE LA PARTE SUPERIOR DE LAS PIERNAS INFERIORES QUEDA FUERA DEL AGUA, ENTONCES SE ABREN LAS VALVULAS DE INUNDACION DE LAS DOS PIERNAS CENTRALES INFERIORES, ESTAS DOS VALVULAS SE INUNDAN CONTRA LAS VALVULAS VENTEO CERRADAS.

PARA LA COLOCACION DE LA SUBESTRUCTURA EMPLEAN LA BOYA Y BRUJULA GIROSCOPICA Y UNA VEZ QUE LA SUBESTRUCTURA ESTE EN POSICION, SE INUNDAN LAS PIERNAS Y SE COMIENZA A PONER LOS ANDAMIOS PARA QUITAR LAS TAPAS DE LAS PIERNAS EN SU - PARTE SUPERIOR.

INMEDIATAMENTE, Y ANTES DE COMENZAR A PONER PILOTES, SE - VERIFICA EL NIVEL DE LA SUBESTRUCTURA.

ARRIBO DE LA SUBESTRUCTURA EN EL CHALAN DE LANZAMIENTO AL SITIO DE BOTADURA





5. POSICIONAMIENTO Y PILOTEO DE SUBESTRUCTURAS (JACKETS).

LA COLOCACION E HINCADO DEL PRIMER PILOTE SE HACE EN LA MAS ALTA DE LAS CUATRO PIERNAS CENTRALES DE LA SUBESTRUCTURA CON OBJETO DE ACERCAR LA SUBESTRUCTURA A SU NIVEL. EL PRIMER PILOTE SE EMPLEARA COMO DE PRUEBA, LUEGO DE HABER HINCADO EL PILOTE INICIAL EL CUAL SE CORTA Y SE AÑADE UNA SECCION SOLDADA, MIENTRAS SE SUELDA ESTA, SE COLOCAN LAS PRIMERAS SECCIONES DE LOS PILOTES INICIALES DE LAS PIERNAS CENTRALES, LUEGO DE HABER HINCADO LA SECCION AÑADIDA AL PILOTE DE PRUEBA SE HINCAN LOS PILOTES INICIALES RESTANTES.

LA SEGUNDA SECCION SE AÑADE AL PILOTE DE PRUEBA Y SE AÑADEN TANTAS SECCIONES A LOS PILOTES INICIALES COMO EL TIEMPO LO PERMITA; CUANDO QUEDAN HINCADOS TODOS LOS PILOTES CENTRALES SE COMIENZAN CON LOS PILOTES DE ESQUINA.

UNA VEZ HINCADOS LOS PILOTES A LA PENETRACION DE DISEÑO SE VERIFICA NUEVAMENTE EL NIVEL DE LA SUBESTRUCTURA. SI ES NECESARIO SE NIVELA DE NUEVO HASTA QUE QUEDA DENTRO DE LA TOLERANCIA SEGUN ESPECIFICACIONES. UNA VEZ NIVELADA LA SUBESTRUCTURA SE CALZAN LAS PIERNAS Y COMIENZA LA SOLDADURA.

AHORA, LAS ELEVACIONES DE CORTE DE PILOTES SE MARCAN EFECTUANDO LOS CORTES DURANTE EL HINCADO DE LOS CONDUCTORES PREVIO A LA COLOCACION DE LA SUPERESTRUCTURA.

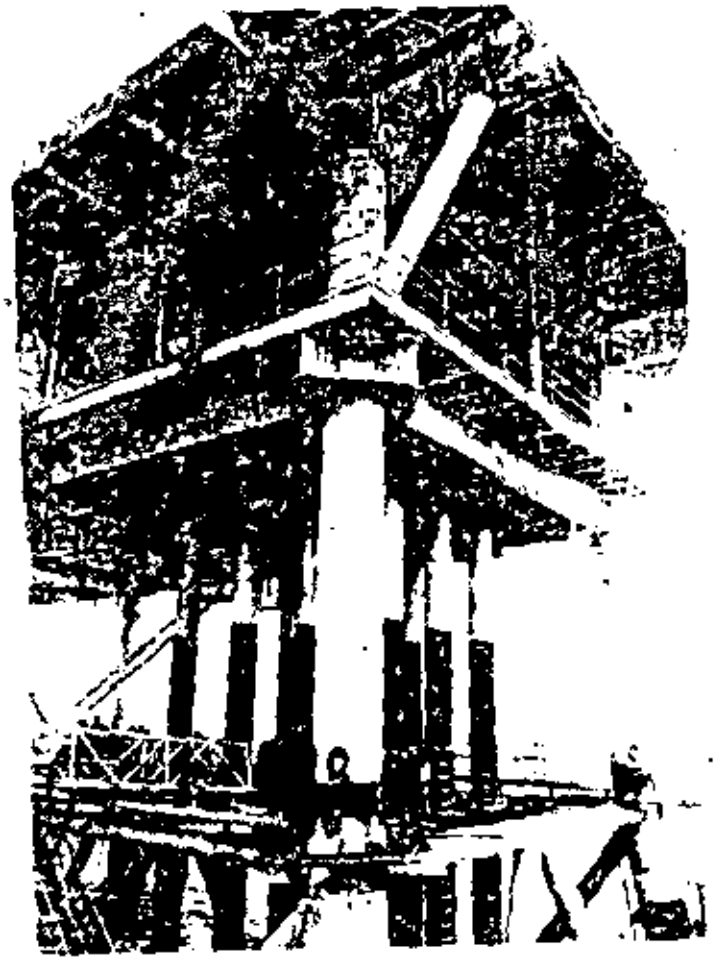
YA MARCADAS LAS ELEVACIONES DE CORTE DE PILOTES, SE COMIENZA LA COLOCACION DE TODOS LOS CONDUCTORES INICIALES. LA INFORMACION OBTENIDA DEL PILOTE DE PRUEBA DETERMINA LA SECUENCIA DE LAS SECCIONES AÑADIDAS. LOS CONDUCTORES SE HINCAN HASTA LA PENETRACION DE DISEÑO Y SE CORTAN A LA ALTURA MOSTRADA EN LOS PLANOS PARA POSTERIORMENTE SOLDARLOS.

CUANDO ESTAN COMPLETOS LOS CONDUCTORES, SE REALIZA OTRO CHEQUEO DE NIVEL DE LA SUPERESTRUCTURA PARA ASEGURAR QUE ESTE DENTRO DE LA TOLERANCIA ACEPTABLE SEÑALADA EN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS; INMEDIATAMENTE DESPUES, SE PROCEDE A COLOCAR LOS MIEMBROS QUE DEBAN ESTAR AL NIVEL DE LA SUBESTRUCTURA PARA PROSEGUIR CON LA INSTALACION DE LA SUPERESTRUCTURA.

COLOCACION DE PILOTES

6. MONTAJE DE SUPERESTRUCTURAS. (DECKS).

ESTA OPERACION SE EFECTUA SOLDANDO LOS ELEMENTOS VERTICALES Y POSTERIORMENTE SE EFECTUA LA LIMPIEZA Y PINTURA Y AL TERMINAR ESTA SE INICIA EL MONTAJE DE LOS MODULOS DE PERFORACION.



DETALLE DE UNION
ENTRE LA SUBESTRUCTURA Y LA SUPERESTRUCTURA

7. MODULOS DE PERFORACION

ES EL EQUIPAMIENTO DE LAS PLATAFORMAS Y ESTAN COMPUESTOS POR LOS SIGUIENTES PAQUETES:

1. DE MAQUINAS
2. DE BOMBAS
3. DE LODOS
4. QUIMICOS
5. DE PERFORACION
6. HABITACIONAL

LOS CUATRO PRIMEROS SE MONTAN SOBRE LA SUPERESTRUCTURA; EL PAQUETE DE PERFORACION SE MONTA A UN LADO DE LOS ANTERIORES, PERO QUEDANDO SOBRE ELLOS Y EL HABITACIONAL SE MONTA EN EL PISO SUPERIOR, DIRECTAMENTE ARRIBA DE LOS CUATRO PRIMEROS.

UNA VEZ MONTADOS LOS PAQUETES, SE PROCEDE A CONECTAR ENTRE -- ELLOS LAS SIGUIENTES LINEAS:

LINEAS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
LINEAS DE AGUA POTABLE
LINEAS DE AGUA INDUSTRIAL
LINEAS DE ACEITE
LINEAS DE LODOS
LINEAS DE CEMENTAR

LINEAS ELECTRICAS DE CORRIENTE
ALTERNA Y DIRECTA.

SIMULTANEAMENTE SE INICIAN LOS TRABAJOS DE LAS LINEAS DE PRODUCCION, QUE CONSISTEN EN CONECTAR LOS DOCE CABEZALES DE POZO A TRES CABEZALES PRINCIPALES DE PRODUCCION Y DE PRUEBA Y SUS LINEAS DE GAS Y CRUDO (A QUEMADOR Y A LOS CABEZALES). - UNA VEZ CONCLUIDOS LOS TRABAJOS DE INTERCONEXION DE MODULOS, DE LINEAS DE PRODUCCION Y LINEAS DE RECOLECCION, LA PLATAFORMA QUEDA LISTA PARA EMPEZAR A PERFORAR Y PRODUCIR.

8. TIPOS DE PLATAFORMAS

LAS PLATAFORMAS MARINAS QUE SE HAN INSTALADO EN LA SONDA DE CAMPECHE, DE ACUERDO A SU FUNCION, SON LAS PLATAFORMAS DE PERFORACION; LAS DE PRODUCCION TEMPORAL Y LA DE ENLACE, HAREMOS UNA BREVE DESCRIPCION DE CADA UNA DE ELLAS.

PLATAFORMAS DE PERFORACION.-SON DEL TIPO AUTOSUFICIENTES DE 8 COLUMNAS, DISEÑADAS PARA CONTENER 12 POZOS, ESTE TIPO PREVEE FLEXIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACION DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION Y PRODUCCION. LOS SISTEMAS DE PRODUCCION PUEDEN SER ALOJADOS EN LAS CUBIERTAS DE LA SUPERESTRUCTURA Y ASI LOS POZOS PUEDEN PRINCIPIAR A PRODUCIR MIENTRAS LA PERFORACION CONTINUA.

LA CUBIERTA CONSTA DE DOS NIVELES, UNO DE PRODUCCION A 52' SNM Y OTRO DE PERFORACION A 69' SNM. ESTA CUBIERTA ESTA SOPORTADA POR 8 COLUMNAS. LA CONSTRUCCION DE ESTA CUBIERTA ES CON TRAVES ARMADAS DE PLACA, LAS CUALES UNIDAS A LAS COLUMNAS FORMAN MARCOS RIGIDOS. ESTE CONCEPTO, TIENE LAS VENTAJAS DE PROVEER MAS ESPACIO DISPONIBLE, FACILITA LA INSTALACION DEL EQUIPO, EL MOVIMIENTO DE TUBERIAS Y SIMPLIFICA SU FABRICACION E INSTALACION. EN ESTA CUBIERTA SE ENCUENTRA LOCALIZADO: EL EQUIPO DE PERFORACION, TANQUES DE LODO, MAQUINARIA Y EL PAQUETE HABITACIONAL.

LAS DIMENSIONES DE LA CUBIERTA PRINCIPAL ESTAN CONTRALADOS

POR LOS REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO DE PERFORACION, CANTIDAD Y ESPACIAMIENTO DE LOS POZOS. ACTUALMENTE SE ESTAN CONSTRUYENDO DE 68' X 116' INCLUYENDO EL VOLADIZO PERIMETRAL DE LA PLATAFORMA QUE TIENE UN ANCHO DE 13'.

LAS DIMENSIONES DE LA CUBIERTA INFERIOR SON DE: 90'11" X 45'9" Y UN CANTILIVER DE 30' X 15' NECESARIO PARA SOPORTAR EL SEPARADOR DE PRUEBA. EN ESTA CUBIERTA SE ENCUENTRAN LOS ARBOLES DE PRODUCCION, CABEZALES DE DISTRIBUCION, TANQUES DE ALMACENAMIENTO, DE AGUA Y DIESEL, BOMBAS DE AGUA DE SERVICIO, CONTRA INCENDIO Y MODULOS DE SUPERVIVENCIA.

LA CONFIGURACION DE LA SUBESTRUCTURA VARIA DE ACUERDO A LA PROFUNDIDAD DEL AGUA, NUMERO DE CONDUCTORES, TAMAÑO Y PESO DE LA CUBIERTA. PARA NUESTRO CASO, LA PROFUNDIDAD MEDIA ES DE 150', CON DIAMETRO DE COLUMNAS DE 52-1/2", CON ELEVACIONES INTERMEDIAS EN LAS CUALES SE ENCUENTRAN LAS GUIAS DE CONDUCTORES.

LAS DIMENSIONES DE LOS PILOTES VARIAN DE ACUERDO AL SUELO Y LOS REQUERIMIENTOS DE PENETRACION Y SON DE 48" DE DIAMETRO CON ESPESORES VARIABLES DE 1.25 A 2" A LO LARGO DE SU LONGITUD, LA CUAL ES DE ≅415' CON UNA PENETRACION VERTICAL DE 240'.

EL ANALISIS DE LAS CARGAS QUE PRODUCE LA OLA SOBRE LA ESTRUCTURA ESTA BASADO EN LA ALTURA, PERIODO DE LA MISMA Y VELOCIDAD DE LA CORRIENTE MARINA. ESTOS DATOS BASADOS EN

REPORTES METEOROLOGICOS Y MARINOS.

LA SUBESTRUCTURA ES DESLIZADA EN UNA BARCAZA DE LANZAMIENTO USANDO EQUIPO CONVENCIONAL. LA CUBIERTA SE INSTALA MEDIANTE MANIOBRAS DE LEVANTAMIENTO.

LOS PESOS ESTIMADOS PARA UNA PLATAFORMA DE PERFORACION SON:

SUPERESTRUCTURA	410 TON.	
SUBESTRUCTURA	1322 TON.	(INCLUYE CONDUCTORES 567 TON.)
PILOTES	1341 TON.	

PLATAFORMAS DE PRODUCCION TEMPORAL.

LAS PLATAFORMAS DE PRODUCCION TEMPORAL SE COMPONEN BASICAMENTE DE UNA SUB-ESTRUCTURA METALICA DE 8 COLUMNAS FABRICADAS EN 4 ó 5 NIVELES SEGUN LA PROFUNDIDAD DE INSTALACION, MISMA QUE ES VARIABLE ENTRE 40 Y 60 METROS.

LA SUPERESTRUCTURA CONSTA DE 2 NIVELES Y TAMBIEN ESTA SOPORTADA POR 8 COLUMNAS QUE SON ACOPLADAS DIRECTAMENTE A LA SUBESTRUCTURA. LA CONSTRUCCION DE ESTAS CUBIERTAS ESTA FORMADA POR VIGUETAS DE ACERO TIPO I APOYADAS SOBRE MARCOS RIGIDOS HECHOS DE PLACA UNIDOS ESTRUCTURALMENTE A LAS 8 COLUMNAS.

ESTAS PLATAFORMAS DE PRODUCCION TEMPORAL TIENEN ACCESO POR

VIA AEREA (HELICOPTEROS) Y POR PUENTES DE ENLACE, TANTO CON LA PLATAFORMA DE PERFORACION VECINA, COMO CON LA PLATAFORMA DE ENLACE.

LA FUNCION PRINCIPAL DE ESTA PLATAFORMA ES RECIBIR EL CRUDO DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACION, PROCEDER A LA SEPARACION DE GAS ACEITE, REBOMBEANDO EL CRUDO-VIA PLATAFORMA DE ENLACE A TIERRA Y EL GAS TEMPORALMENTE SE ENVIA AL QUEMADOR. EL QUEMADOR ESTA MONTADO EN UN TRIPODE COMPUESTO DE SUB-ESTRUCTURA Y SUPER-ESTRUCTURA, Y ESTA CONECTADO CON LA PLATAFORMA DE PRODUCCION POR UN PUENTE APROXIMADAMENTE DE 100 MTS., MISMO QUE SE SIRVE DE COMUNICACION ENTRE PLATAFORMA Y QUEMADOR.

PARA PROPOSITOS ESTRUCTURALES SE ESTAN CONSIDERANDO LOS SIGUIENTES PESOS PARA LAS PLATAFORMAS DE PRODUCCION:

SUPER-ESTRUCTURA	800 TONELADAS (INCLUYENDO EQUIPO MONTADO).
SUB-ESTRUCTURA	750 TONELADAS
PILOTES	1,250 TONELADAS
PUENTES	200 TONELADAS
TRIPODE QUEMADOR	600 TONELADAS

PLATAFORMAS DE ENLACE

LAS PLATAFORMAS DE ENLACE, ESTAN FABRICADAS DE ESTRUCTURAS META-

LICAS DE 8 COLUMNAS Y ESTAN DISEÑADAS PARA RECIBIR EL CRUDO PROVENIENTE DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACION.

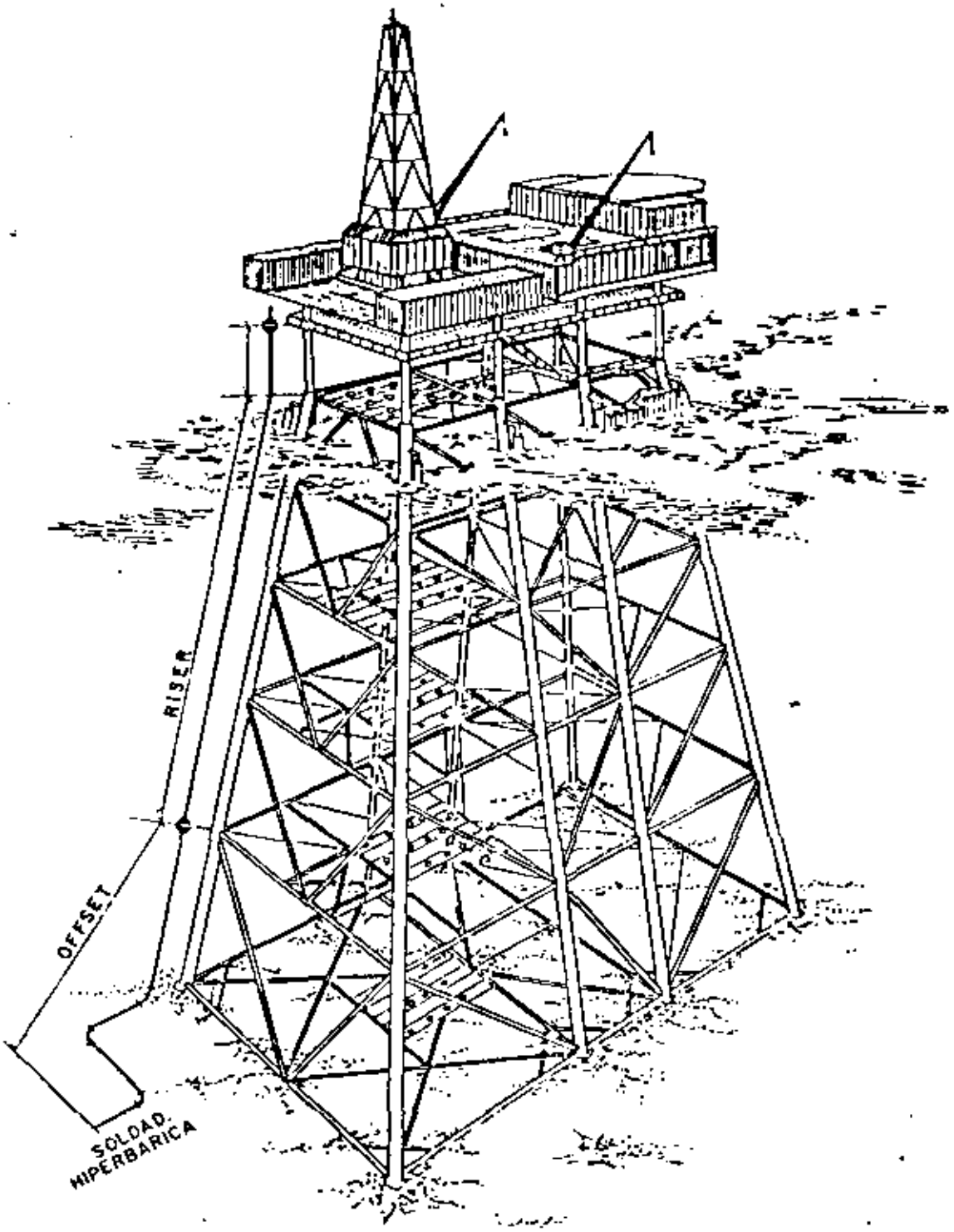
LA CUBIERTA CONSTA UNICAMENTE DE UN NIVEL QUE ES EN DONDE SE INSTALAN TODOS LOS EQUIPOS ELECTROMECANICOS Y ESTA FABRICADA DE VIGUETAS TIPO I ARMADAS SOBRE MARCOS ESTRUCTURALES HECHOS DE PLACA DE ACERO, MISMOS QUE SON APOYADOS EN LAS COLUMNAS.

ESTAS PLATAFORMAS NO TIENEN ACCESO AEREO Y SU COMUNICACION ES EXCLUSIVAMENTE A TRAVES DE LOS PUENTES EN DONDE SON ALOJADAS LAS TUBERIAS QUE TRANSMITEN EL CRUDO.

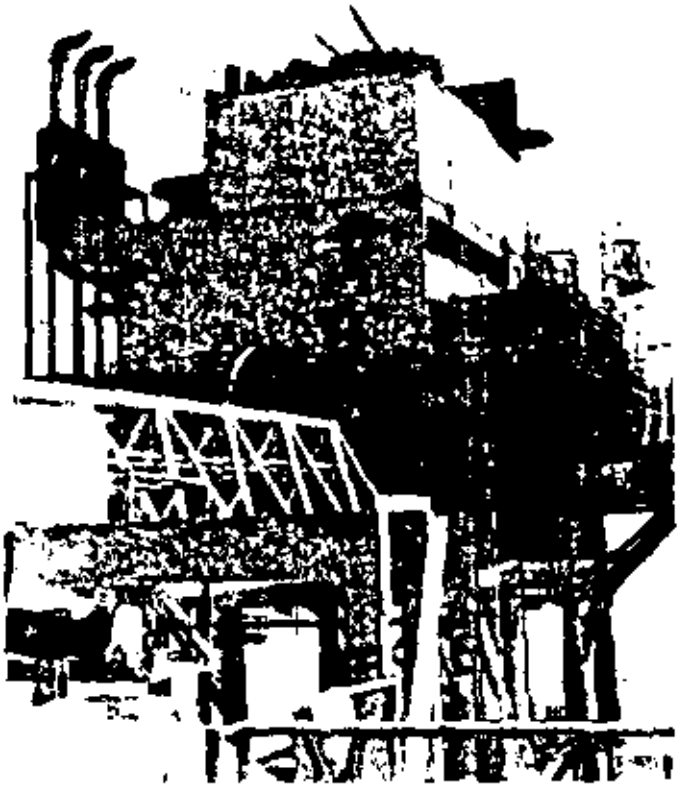
LA FUNCION PRINCIPAL DE ESTA PLATAFORMA ES RECIBIR EL CRUDO YA SEPARADO DEL GAS Y REBOMBEARLO PARA QUE A TRAVES DE LINEA DE DESCARGA SEA ENVIADA LA PRODUCCION A TIERRA.

PARA PROPOSITOS ESTRUCTURALES SE ESTAN CONSIDERANDO LOS SIGUIENTES PESOS PARA LAS PLATAFORMAS DE ENLACE:

SUPER-ESTRUCTURA	300 TONELADAS
SUB-ESTRUCTURA	750 TONELADAS
PILOTES	1,150 TONELADAS



PLATAFORMA DE PERFORACION



PLATAFORMA DE
PRODUCCION TEMPORAL

9. OLEODUCTOS, OLEOGASODUCTOS TENDIDO Y ENTERRADO DE LINEAS INSTALACION DE RAISERS; SOLDADURA HIPERBARICA.

TENDIDO DE TUBERIAS SUBMARINAS.

LOS METODOS PARA TENDIDO PUEDEN CLASIFICARSE DE LA SIGUIENTE MANERA:

A.- REMOLQUE POR EL FONDO O TIRON

B.- FLOTACION

C.- CARRETE O METODO DE BOBINA

D.- BARCAZA DE TENDIDO

A.- REMOLQUE EN EL FONDO.- CUANDO SE UTILIZA EL METODO DE TIRON, LA TUBERIA SE FABRICA EN TIERRA, EN UNA O VARIAS SECCIONES SEGUN EL CASO, EN SEGUIDA SE BOTA AL AGUA MEDIANTE RODILLOS DE LANZAMIENTO Y SE ESTIRA POR EL FONDO HASTA SU POSICION FINAL YA SEA POR MEDIO DE UN MALACATE FIJO SOBRE UNA BARCAZA O BIEN JALANDOLA CON UN REMOLCADOR ADECUADO.

EL SISTEMA DE BOTADO CUENTA CON UNA ZONA EN PENDIENTE Y RODILLOS SOBRE LOS CUALES LA TUBERIA SE COLOCA MONTANDOLA POR MEDIO DE TRACTORES CON PLUMA LATERAL EQUIDISTANTES SEGUN EL CASO. CON FRECUENCIA LA TUBERIA DEBE SER FRACCIONADA DEBIDO A LO REDUCIDO DEL AREA DE BOTADURA, CUANDO ESTE SEA EL CASO, EL TIRON DEBE SER INTERRUMPIDO POR EL CAMBIO DE AMARRE Y LA SOLDADURA DE UN TRAMO CON OTRO.

LA LONGITUD DEL TIRON QUEDA LIMITADA POR LA CAPACIDAD

DEL MALACATE, LA TENSION PERMISIBLE DEL TUBO Y EL PESO DE LA TUBERIA. EL PESO DE LA TUBERIA EN EL AGUA PUEDE REDUCIRSE COLOCANDO FLOTADORES PERO UNA BOYANCIA LIGERAMENTE NEGATIVA EXPONE A LA LINEA AL MOVIMIENTO DE CORRIENTES Y OLEAJES.

ESTE METODO ES UTILIZADO PRINCIPALMENTE EN CRUCES DE AGUA LIMITADOS (RIOS), Y TUBERIAS RELATIVAMENTE CORTAS DESDE LA LINEA MEDIA DE MAREAS EN LA COSTA HASTA LAS INSTALACIONES (DESCARGADEROS)

B.- FLOTACION.- PARA TENDER UNA TUBERIA POR EL METODO DE FLOTACION DEBE PRIMERO SOLDARSE LOS TUBOS PARA FORMAR TRAMOS DE CIERTA LONGITUD DE TIERRA, LOS FLOTADORES SE COLOCAN PARA PROPORCIONAR BOYANCIA Y SECCION POR SECCION SE LLEVAN LOS TRAMOS A SU POSICION, UNA BARCAZA SUJETA UN EXTREMO DEL TRAMO TENDIDO HASTA QUE LA SIGUIENTE SECCION LLEGA Y SE UNE, LOS FLOTADORES SON LIBERADOS SISTEMATICAMENTE PARA BAJAR LA TUBERIA HASTA EL FONDO. ESTE PROCEDIMIENTO SE REPITE HASTA QUE LA LINEA QUEDA COMPLETA.

UNA VENTAJA DEL METODO DE FLOTACION ES QUE ESTE SUPERA LAS LIMITACIONES EN LONGITUD INHERENTE AL METODO DE TIRON POR EL FONDO, POR OTRO LADO, ES ALTAMENTE VULNERABLE EN MAREAS MODERADAS. LA MAYOR APLICACION PARA EL METODO DE FLOTACION ES EN LAGUNAS, PANTANOS Y EN GENERAL EN AGUAS PROTEGIDAS.

C.- CARRETE O METODO DE BOBINA.- SI LA TUBERIA NO ES DE - GRAN DIAMETRO Y SU LONGITUD ES RELATIVAMENTE CORTA, - ESTA PUEDE SER TENDIDA POR EL METODO DE BOBINA. EL PROCEDIMIENTO CONSISTE EN FABRICAR LA TUBERIA EN FORMA CONTINUA Y DE BOBINA DENTRO DE UN CARRETE DE GRAN DIAMETRO. LA LINEA ES TENDIDA SIMPLEMENTE DESEMBOBINANDOLA, MEDIANTE EL MOVIMIENTO DE LA BARCAZA O CUALQUIER OTRA EMBARCACION, MAS O MENOS EN LA MISMA FORMA QUE UN CABLE.

DEBE APLICARSE TENSION PARA LIMITAR LA CATENARIA EN LA TUBERIA DURANTE SU TENDIDO, ESPECIALMENTE EN AGUAS PROFUNDAS.

UNA TUBERIA TENDIDA POR ESTE METODO PUEDE SER PROBADA - E INSTALADA A MAYOR VELOCIDAD.

D.- BARCAZA DEL TENDIDO.- LA BARCAZA DE TENDIDO ES UTILIZADA CUANDO LA TUBERIA ESTA CONSTITUIDA POR TUBO DE GRAN DIAMETRO, DE CONSIDERABLE LONGITUD Y DEBE TENDERSE EN - MAR ABIERTO.

LA TUBERIA SE TRANSPORTA DE LOS MUELLES A LA BARCAZA UTILIZANDO BARCOS ABASTECEDEROS O CHALANES DE CARGA, - AL LLEGAR A LA BARCAZA SE ACODERA A UNA BANDA Y UTILIZANDO LA GRUA MOVIL DE 150 TONELADAS SE PROCEDE A DESCARGAR LA TUBERIA DEL ABASTECEDOR Y ESTIBARLA SOBRE LA CAMA ALIMENTADORA. EN EL AREA DE ESTIBA SE REVISAN TODOS LOS BISELES DEL TUBO PARA VER SI NO EXISTEN LAMINACIONES Y EN ALGUNOS CASOS EN QUE APAREZCAN GOLPES O ABOLLADURAS SE REBISELARA DE NUEVO.

LAS JUNTAS DEL TUBO DEBEN SOLDARSE SOBRE LA BARCAZA, LA CUAL ESTA EQUIPADA CON CINCO ESTACIONES DE SOLDADURA, DISPUESTAS PARA MANEJAR LA TUBERIA, CUALQUIERA QUE SEA LA FORMA DE UNION EN EL INTERIOR DE LA BARCAZA SE DISPONE COMO PROMEDIO DE 25 MAQUINAS DE SOLDAR CON EXTENSIONES DE CABLES A CADA UNA DE LAS DIVERSAS ESTACIONES INSTALADAS SOBRE LA CUBIERTA.

EL PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR ES EL SIGUIENTE:

CADA TUBO SE ALINEA CON EL YA INSTALADO POR MEDIO DE UN ALINEADOR INTERIOR CON UNA POTENCIA TAL QUE EN CASO DE ESTAR OVALADA LA TUBERIA SE REGRESA A SU FORMA CIRCULAR.

LAS VARILLAS PARA SOLDAR SERAN DEL TIPO Y CLASE ADECUADA PARA EL TRABAJO, DE ACUERDO CON LA ULTIMA EDICION DE LAS NORMAS DE LA "AMERICAN WELDING SOCIETY" Y LA "AMERICAN - SOCIETY OF TESTING MATERIALS".

LA CALIDAD DE LA SOLDADURA ES VERIFICADA POR MEDIO DE UNA UNIDAD DE RAYOS "X" LA CUAL ESTA UBICADA EN LA BARCAZA - ENTRE LAS ESTACIONES 4 Y 5. EN CASO DE EXISTIR FALLAS QUE REQUIERAN SER REPARADAS SE HARAN EN LA ESTACION DE SOLDADURA UBICADA AL FINAL DE LA RAMPA DE LANZAMIENTO.

TERMINADA LA SOLDADURA Y CON EL VISTO BUENO DE LA UNIDAD DE RADIOGRAFIAS SE PROCEDE A PROTEGER CONTRA LA CORROSION LA JUNTA.

EN SEGUIDA DENTRO DEL AGUA DESLIZANDOSE SOBRE EL PONTON SE PERMITE QUE LA LINEA ALCANCE EL FONDO DEL OCEANO SIN NINGUN ESFUERZO PERJUDICIAL A LA MISMA.

EL PONTON ES UNA RAMPA ARTICULADA A LA BARCAZA LA - CUAL SE PROLONGA MEDIANTE UN ANGULO CONTROLANDO DES- DE ESTA CASI HASTA EL FONDO DEL MAR, ESTO LIMITA LA CATENARIA DE LA TUBERIA.

LA BARCAZA DE TENDIDO ES FIJADA, MEDIANTE VARIAS LI- NEAS DE ANCLAS A MEDIDA QUE LA BARCAZA AVANZA, LOS - REMOLCADORES MUEVEN PERIODICAMENTE LAS ANCLAS HACIA DELANTE UNA A UNA, LA SECUENCIA DE ESTOS MOVIMIENTOS ESTA LIMITADA POR LA VELOCIDAD DE AVANCE EN LA SOLDA- DURA YA QUE DESPUES DE HABER TERMINADO EL FONDEO Y VE- RIFICAR CON LA ESTACION DE PARCHEO O PROTECCION ANTI- CORROSIVA SE COBRA CABLE EN LAS ANCLAS DE PROA HASTA DESPLAZAR LA BARCAZA UNA DISTANCIA IGUAL AL TRAMO DE TUBO QUE SE VA A SOLDAR Y ASI SUCESIVAMENTE HASTA - COMPLETAR EL TENDIDO DE LA TUBERIA.

ESFUERZOS EN LA TUBERIA.

EL TENDIDO DE TUBERIAS SUBMARINAS DE CUALQUIER DIAME- TRO EN AGUAS CON PROFUNDIDAD HASTA DE 30 M. (100') - PUEDE CONSIDERARSE COMO RUTINA, EN AGUAS PROFUNDAS - SE PRESENTAN NUEVOS PROBLEMAS A MEDIDA QUE LA PROFUNDI DAD AUMENTA, EL PESO PROPIO DE LA TUBERIA PRODUCE ES- FUERZOS DE FLEXION QUE PUEDE DEFORMARLA O FALLAR SIN - LA APLICACION DE NINGUNA CARGA EXTERNA, ADEMAS AUMENTAN LAS DIFICULTADES PARA ANCLAR Y SOSTENER LA BARCAZA DE TENDIDO, A MEDIDA QUE LA PROFUNDIDAD AUMENTA POR EL - - EFECTO DE CATENARIA EN LAS LINEAS DE ANCLA. UN OLEAJE MODERADO NORMALMENTE CAUSA MOVIMIENTOS SIGNIFICANTES A LA BARCAZA EN AGUAS PROFUNDAS.

OTRO FACTOR APAREJADO CON EL TENDIDO EN AGUAS PROFUNDAS -60 M. O MAS-, ES LA DIFICULTAD EN EL RENDIMIENTO DEL TRABAJO BAJO EL AGUA A TALES PROFUNDIDADES. LOS BUZOS PUEDEN PERMANECER SOLAMENTE BAJO EL AGUA, DURANTE CORTO TIEMPO, A MENOS QUE REALICEN - BUCEO DE SATURACION. EL BUCEO DE SATURACION REQUIERE CONSIDERABLE EQUIPO EXTRA Y TIEMPO QUE EL BUZO PASA EN LA CAMARA DE DESCOMPRESION. LA DESCOMPRESION DENTRO DE LA CAMARA PUEDE TOMAR VARIOS DIAS SI LOS BUZOS HAN TRABAJADO EN PROFUNDIDADES DE AGUA MAYORES - DE 90 M - 295' -

NORMALMENTE LA FUERZA DEL OLEAJE QUE ACTUA SOBRE LA TUBERIA Y EL AGUIJON ES MUCHO MAYOR CERCA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA QUE EN LA PROFUNDIDAD. ESTO ES UNA VERDAD EN PARTICULAR SI EL OLEAJE SE PRESENTA EN CORTOS PERIODOS.

LA OLA DE LONGITUD CORTA EN PERIODO DE OLEAJE CORTO, LIMITA SU EFECTO SOBRE EL SISTEMA DE BARCAZA Y TUBERIA. EL EFECTO INTEGRADO DE ESTE OLEAJE DE CORTO PERIODO, ACTUANDO A TODA LA LONGITUD DE LA BARCAZA, - PUEDE SER MUY PROXIMO O IGUAL A CERO.

POR OTRO LADO, LAS CORRIENTES PUEDEN SER TAN SIGNIFICANTES A GRANDES PROFUNDIDADES COMO LO PUEDEN SER EN LA SUPERFICIE, EXCEPTO EN CONDICIONES DE TORMENTA. - NO DEJA DE SER SORPRENDENTE QUE LAS CORRIENTES PUEDAN SER EN LO PROFUNDO COMO LO PUEDEN SER EN LA SUPERFICIE, PORQUE LAS CORRIENTES NORMALMENTE CONDUCIDAS POR

EL VIENTO SE CONSIDERAN COMO CORRIENTES CONTROLADAS DENTRO DEL OCEANO, EXCEPTO BAJO CONDICIONES DE TORMENTA.

DURANTE CORTOS PERIODOS, EL OLEAJE CON BAJA AMPLITUD TIENE UN PEQUEÑO EFECTO SOBRE LAS OPERACIONES DE TENDIDO.

EN PERIODOS LARGOS, EL OLEAJE DE CIERTA AMPLITUD PUEDE JUGAR UN PAPEL MAS IMPORTANTE EN LA REDUCCION DE TALES OPERACIONES. LOS LARGOS PERIODOS DE OLEAJE SON CON FRECUENCIA LOS PRECURSORES DE TORMENTAS.

PUESTO QUE EL PERIODO DE ACCION DEL OLEAJE SOBRE LA TUBERIA RESULTA CRITICO, ES CONVENIENTE COLOCAR INSTRUMENTACION A BORDO PARA DETERMINAR PERIODOS Y AMPLITUD SOBRE LA BARCAZA EN MOVIMIENTO. CON ESTE EQUIPO, EL DESARROLLO DE CONDICIONES PELIGROSAS PARA LA OPERACION DE TENDIDO, PUEDEN SER ANTICIPADAS, ANTES DE QUE SE PRESENTE UN PROBLEMA SERIO.

CUANDO SE ALCANZA UNA PROFUNDIDAD EN EL AGUA DE 10 M. -30'- SE CONECTA A LA BARCAZA UN PONTON RECTO CONVENCIONAL PARA CONTINUAR LA OPERACION DE TENDIDO DE TUBERIA, CON EL PONTON SOPORTANDO EL TUBO A MEDIDA QUE - AVANZABA EL EXTREMO DEPOPA SOBRE EL FONDO DEL MAR. EN AGUAS PROFUNDAS, LA PENDIENTE DEL FONDO AUMENTA EN -- FORMA SIGNIFICANTE, RESULTANDO TAMBIEN UN AUMENTO EN LAS DIFICULTADES EN LA OPERACION DE TENDIDO. EL AUMENTO EN LA COMPLEJIDAD PARA LAS OPERACIONES DE TENDIDO SE REFLEJA EN LA DISMINUCION DEL NUMERO DE METROS TENDIDOS DIARIAMENTE.

A MEDIDA QUE LA PROFUNDIDAD DEL AGUA AUMENTA, DEBE --

APLICARSE TENSION SOBRE LA TUBERIA PARA PREVENIR UN EXCESO EN LOS ESFUERZOS FLEXIONANTES RESULTANTES AL DISMINUIR EL RADIO DE CURVATURA DEL TUBO AL LLEGAR A UNA MAYOR PROFUNDIDAD.

HAY TRES TIPOS DE DAÑO A LA CONSTRUCCION CONTRA LOS CUALES HAY QUE PROTEGERSE:

- PANDEO O DEBILITAMIENTO DEL TUBO TRANSPORTADOR
- DESCASCARAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DE CONCRETO - DEBIDO AL EXCESIVO DOBLEZ
- AGRETAMIENTO EXCESIVO DEL REVESTIMIENTO DE CONCRETO.

EN TODOS LOS CASOS VERIFICADOS, LA TERCERA CONDICION ES LA QUE OCURRE PRIMERO, POR LO TANTO, SI EL PROCEDIMIENTO TENDIDO ES SATISFACTORIO Y SE PREVIENE EL - EXCESIVO AGRIETAMIENTO, LOS OTROS TIPOS DE DAÑO QUEDAN ELIMINADOS.

LA TUBERIA DEBE SER SIEMPRE INSTALADA, EN FORMA TAL QUE LOS ESFUERZOS QUEDEN DENTRO DEL LIMITE CUANDO ESTA QUEDE EN SU LUGAR. ES DE IMPORTANCIA PARA LA ESTABILIDAD DE LA TUBERIA QUE EL REVESTIMIENTO DE LASTRE PERMANEZCA INTACTO Y ASI LA LINEA MANTENDRA SU ALINEAMIENTO Y PROFUNDIDAD.

UN CONCEPTO GENERALMENTE ACEPTADO ES QUE AL FLEXIONARSE EL CONCRETO ESTE SE AGRIETA DEBIDO A LA TENSION. - LOS INSPECTORES DEBE REVISAR OCULARMENTE PARA DETERMINAR CUANDO EL AGRIETAMIENTO ES EXCESIVO.

PONTON

EL PONTON, AGUIJON O STIN GER, LO PODEMOS DEFINIR - COMO UN PUENTE QUE PROVEE APOYO A LA TUBERIA DURANTE SU RECORRIDO DESDE EL MOMENTO QUE ESTA ABANDONA LA BARCAZA, HASTA QUE REPOSA EN EL FONDO.

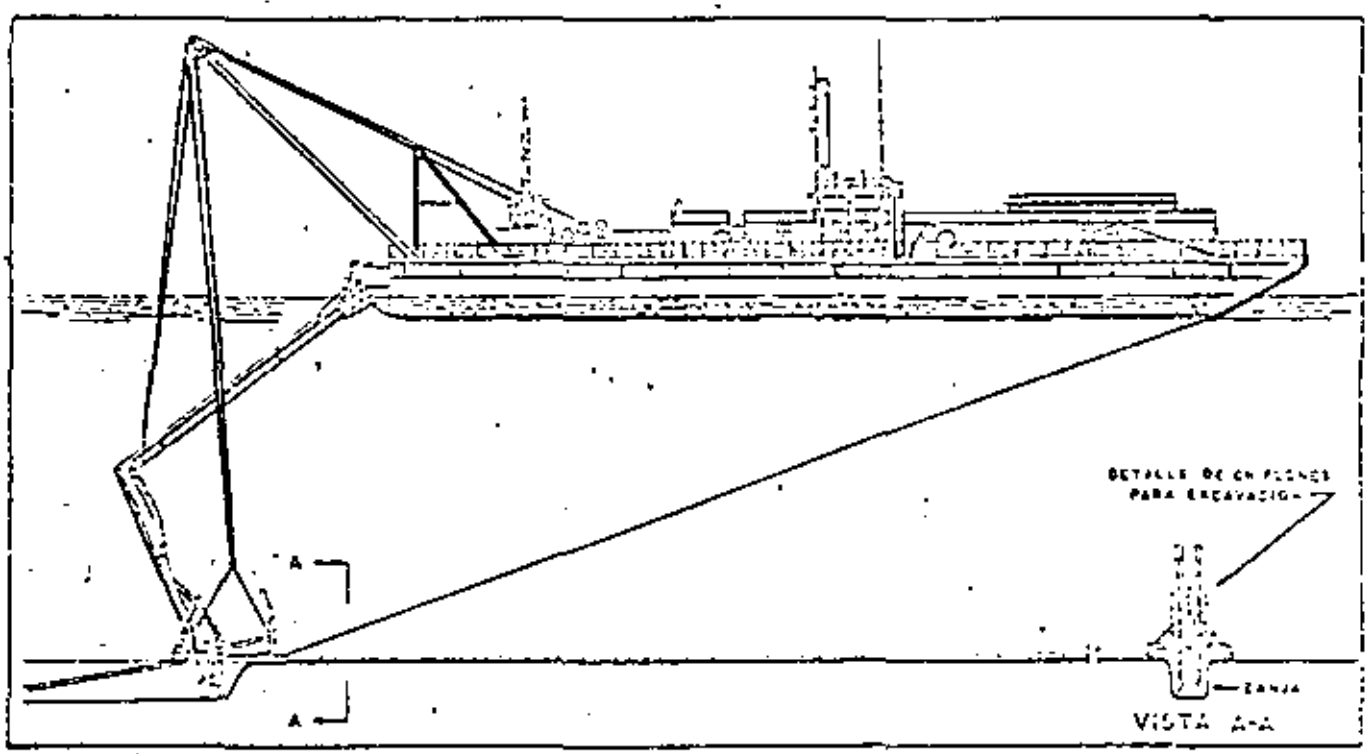
ENTERRADO DE TUBERIAS.

EL DESARROLLO DE LAS TECNICAS PARA ENTERRAR LA TUBERIA DESPUES DE QUE ESTA HA SIDO TENDIDA, REPRESENTA UN LENTO Y COSTOSO TRABAJO. LA TUBERIA DEBE ENTERRARSE PARA ASEGURAR UNA MAYOR PROTECCION CONTRA EL PELIGRO DE HURACANES, BARCOS, REMOLCADORES Y BARCAZAS Y - EN GENERAL PARA PROTEGERLA CONTRA CUALQUIER FENOMENO QUE SUCEDA EN EL FONDO EL MAR. LA VULNERABILIDAD A - ESTOS PELIGROS AUMENTA PARA LAS GRANDES DIAMETROS.

LOS METODOS ACTUALES PARA ENTERRAR TUBERIAS EN EL MAR EMPLEAN DRAGAS DE CHORRO Y DE CHORRO Y SUCCION, PARA CORTAR UNA TRINCHERA DEBAJO DE LA TUBERIA, DESPUES DE QUE ESTA HA SIDO TENDIDA. LAS TUBERIAS DE GRAN DIAMETRO REQUIEREN DE UN GRAN VOLUMEN DE DRAGADO PARA LA EXCAVACION DE LAS TRINCHERAS.

ACTUALMENTE EL ENTERRADO DE LINEAS SUBMARINAS TIENE UN PROMEDIO DE COLCHON SOBRE LA PARTE SUPERIOR DEL TUBO DE 60 A 90 CMS: Y ESTOS EQUIPOS PUEDEN OPERAR HASTA EN PROFUNDIDADES DE 60 M: ESTAS CAPACIDADES PUEDEN EXTENDERSE CON PEQUEÑAS MODIFICACIONES. VER FIG. DONDE SE DETALLA EN FORMA ESQUEMATICA UN TIPO DE BARCAZA PARA - ENTERRAR TUBERIAS.

ESTA BARCAZA COMBINA EL EFECTO DE CORTE DE CHORRO DE AGUA CON ALTA PRESION Y UNA BOMBA DE SUCCION PARA EL DRAGADO. ESTE DISPOSITIVO CORTA LA ZANJA Y LA LIMPIA SACANDO DE DEBAJO DE LA TUBERIA EL LODO; LA UNIDAD - CHORRO-SUCCION, ES OPERADA MEDIANTE UN PATIN MONTADO SOBRE LA TUBERIA Y REMOLCADO MEDIANTE UN CABLE QUE - CORRE BAJO LA PROA DE LA BARCAZA DE DRAGADO SE MUEVE SOBRE LAS LINEAS DE ANCLAS. RODILLOS CON LLANTA DE - HULE SOBRE Y A LOS LADOS DE LA TUBERIA, PERMITEN EL- DESPLAZAMIENTO DE LA UNIDAD CHORRO-SUCCION. ESTOS RO- DILLOS DE HULE EVITAN CUALQUIER DAÑO AL REVESTIMIENTO. LAS BOMBAS DE CHORROS DEBEN DESARROLLAR 300#. SE - HA ENCONTRADO QUE ESTA PRESION NO PERMITE CORTAR ZAN- JAS LO SUFICIENTEMENTE RAPIDO EN EL FONDO DE ALGUNOS OCEANOS. EN LOS ULTIMOS TRABAJOS DE DRAGADO PARA EN- TERRAR TUBERIA, SE HA INCREMENTADO LA PRESION DEL CHO- RRO A 1000#Y SE HA REQUERIDO UNA ENERGIA EN EL BOM- BEO DE 5400 H.P. ESTE NUEVO EQUIPO DE DRAGA PARA EN- TERRAR TUBERIA PUEDE CORTAR ZANJAS HASTA DE 1.20 X - 1.80 M. (4' X 6') DE PROFUNDIDAD A UNA VELOCIDAD DE - 300 METROS POR HORA EN FONDOS CON LODO MUY BLANDO Y ARENAS SUELTAS. EN MATERIALES DUROS, LA VELOCIDAD DE CORTE SE REDUCE HASTA 30 METROS POR HORA. CABE ACLARAR QUE ESTAS UNIDADES NO ESTAN DISEÑADAS PARA TRABAJAR EN SUELOS CON FORMACIONES DE GRAVA NI PEQUEÑOS CANTOS RO- DADOS DE ARCILLA.



DETALLE TIPICO DE BARCAZA CON EQUIPO PARA EXCAVACION EN EL FONDO DEL MAR

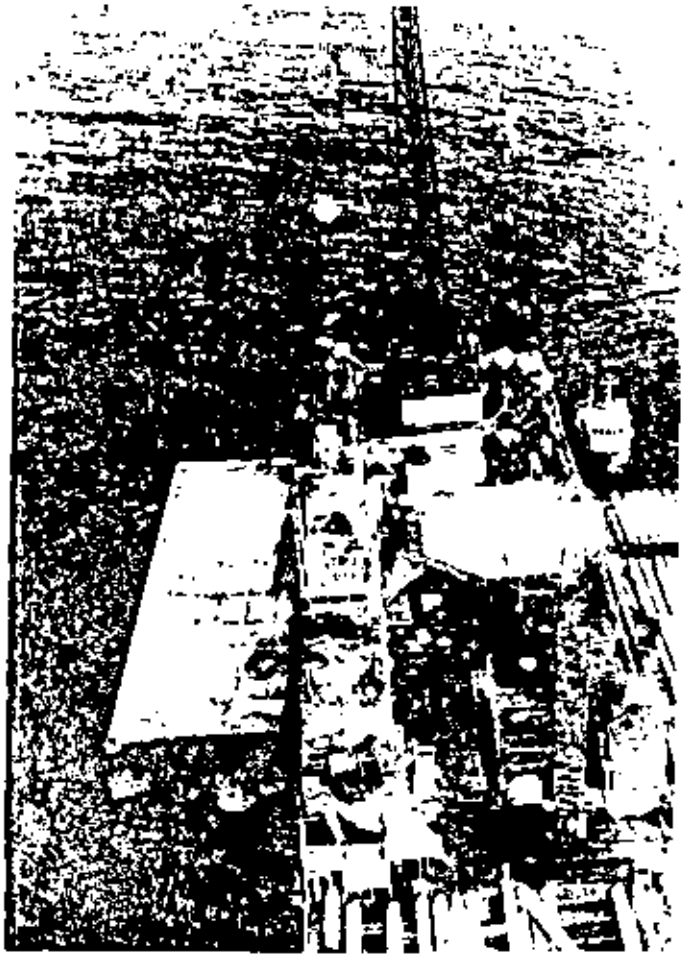
ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA EL TENDIDO DE LINEA REGULAR MARINA

SI EL TENDIDO SE REALIZA DE PLATAFORMA A PLATAFORMA:

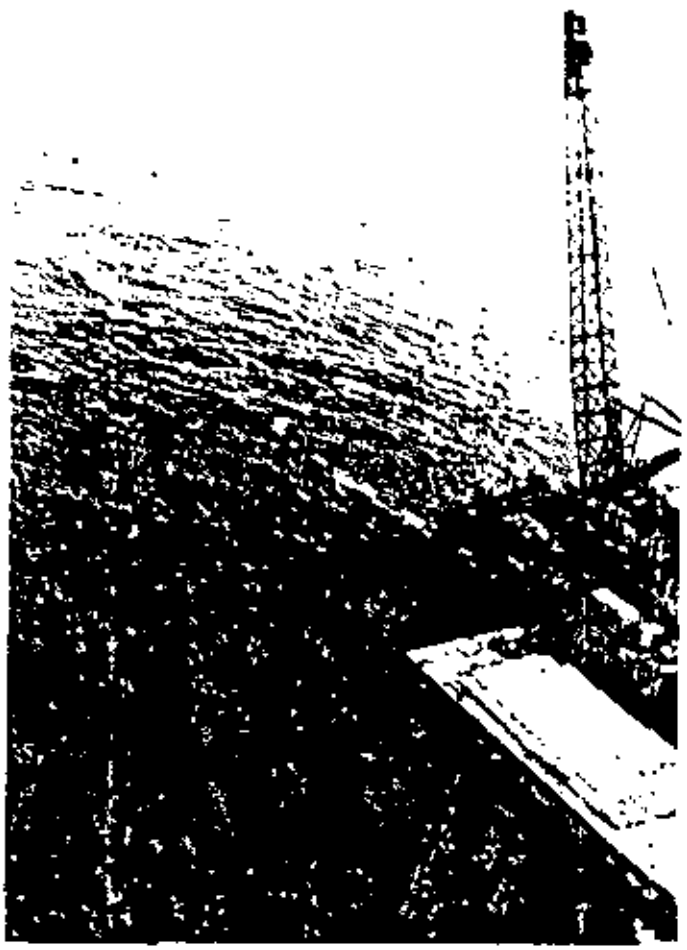
1. COLOCACION DE SISTEMA DE POLEAS EN PLATAFORMA Y CONEXION DE ESTROBO A TAPON DE LANZAMIENTO DE LA TUBERIA.
2. INICIO LANZADO DE TUBERIA HASTA EL OFFSET
3. TENDIDO DE LINEA (ALINEAMIENTO, SOLDADURA Y RADIOGRAFIA)
4. FONDEO FINAL DE LA LINEA EN EL LECHO MARINO.
5. ALINEAMIENTO CORRECTO DE LA L. REG. CON RESPECTO AL OFFSET

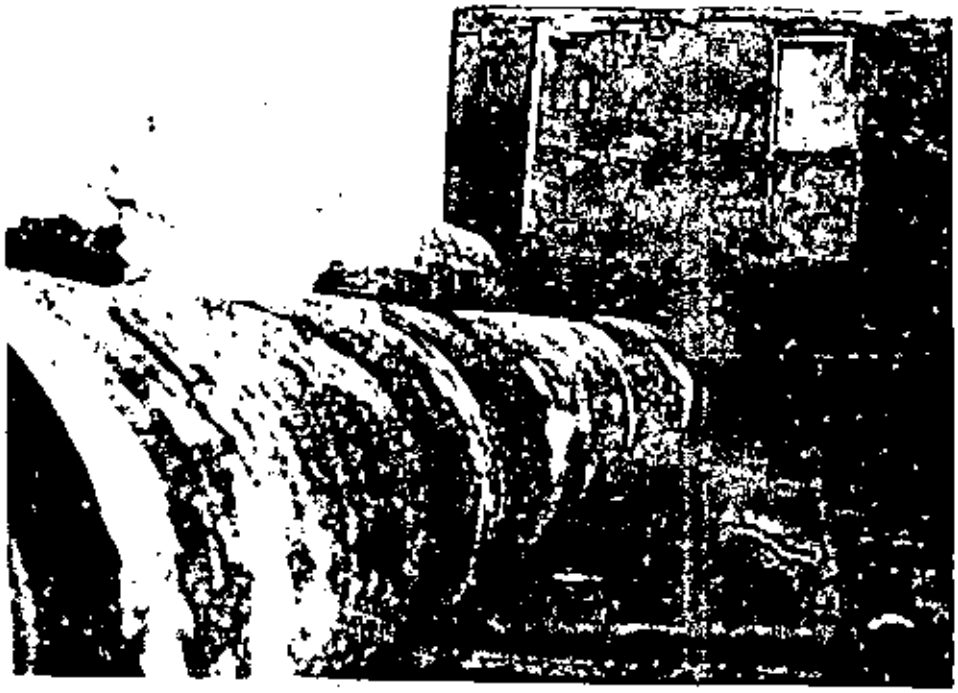
SI EL TENDIDO SE REALIZA SIN PLATAFORMA:

1. FONDEO DE ANCLA PARA INICIAR TENDIDO DE TUBERIA.
2. TENDIDO DE LINEA (ALINEAMIENTO, SOLDADURA Y RADIOGRAFIA)
3. FONDEO FINAL DE LA LINEA EN EL LECHO MARINO
4. ALINEAMIENTO CORRECTO DE LA L. REG. CON RESPECTO AL OFFSET

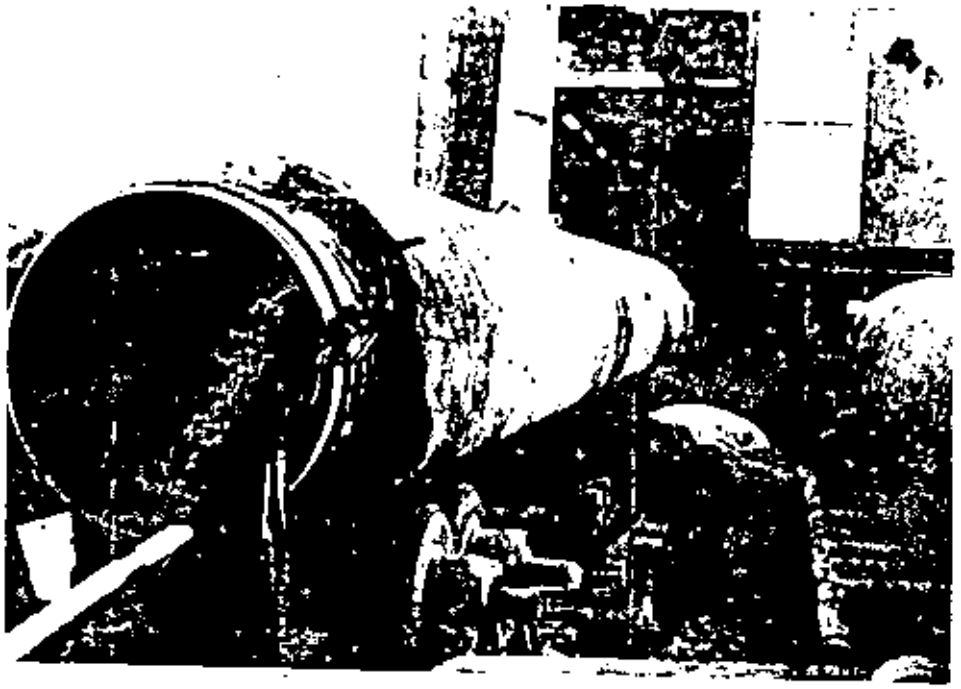


ACODERAMIENTO DEL CHALAN
A LA BARCAZA DE TENDIDO.

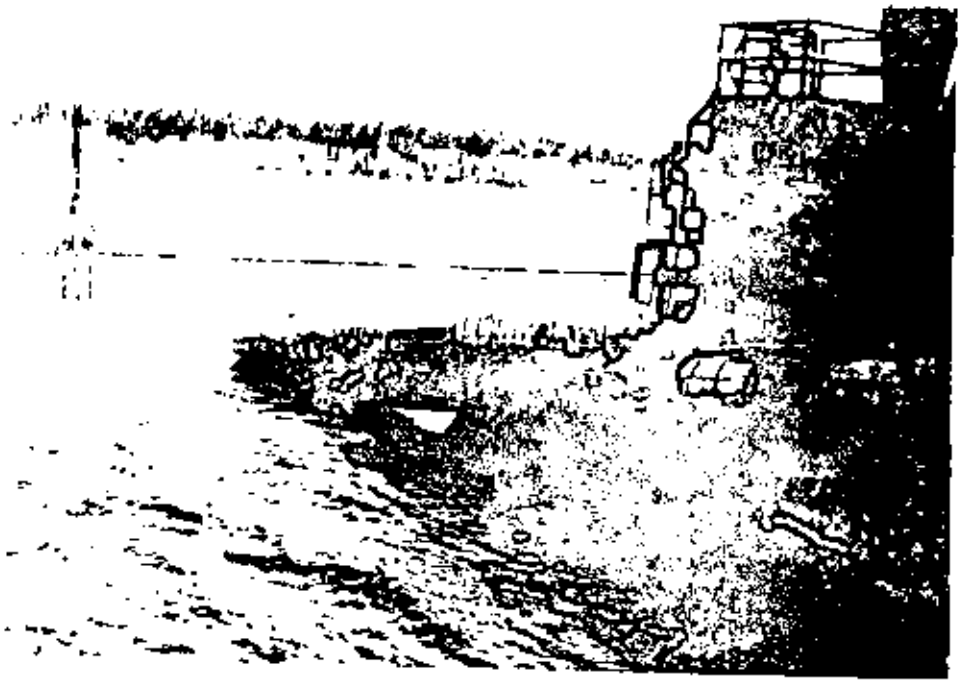




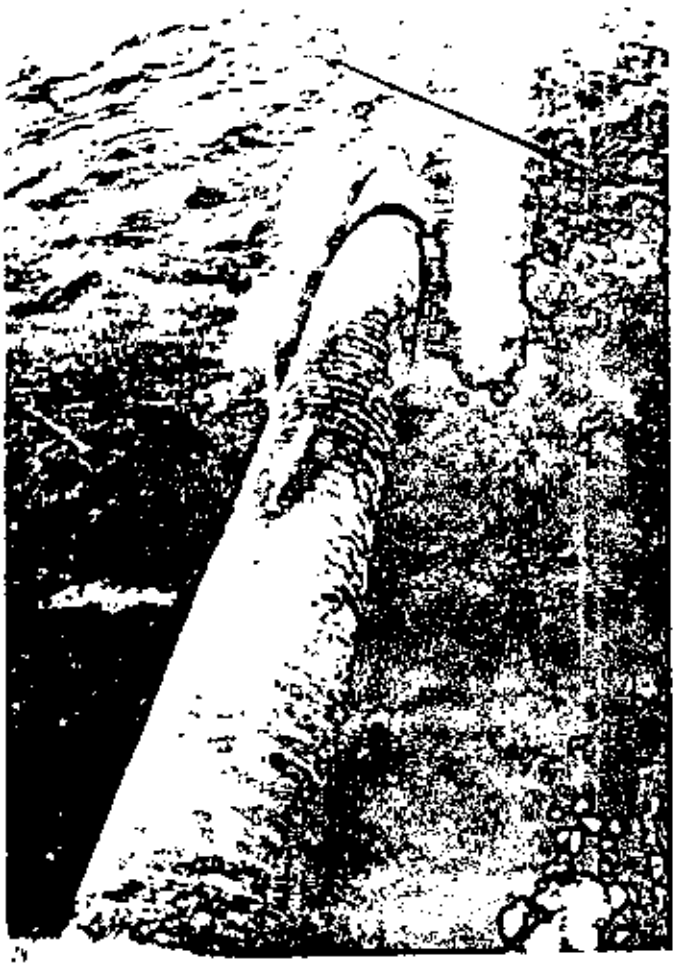
SOLDADURA A BORDO DE LA BARCAZA
DE LANZAMIENTO



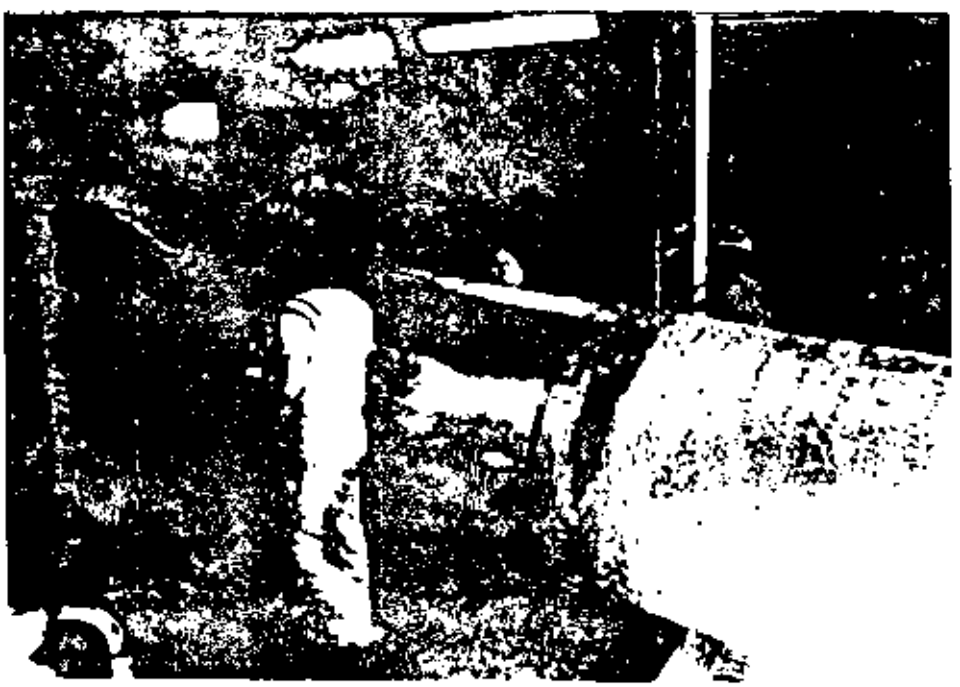
SOLDADURA A BORDO DE LA BARCAZA DE LANZAMIENTO



TENDIDO DE LINEA



PROTECCION MECANICAS
DE LAS JUNTAS SOLDADAS



INSTALACION DE TUBO ASCENDENTE (RISER)

LA INSTALACION DE ASCENDENTES EN LAS PLATAFORMAS DE PRODUCCION, NO PRESENTA NINGUN PROBLEMA IRRESOLUBLE EN AGUAS CUYA PROFUNDIDAD, SEA TAL QUE LAS TECNICAS DE TENDIDO PUEDAN SER APLICABLES, PERO SE REQUERIRA UNA GRUA CON CAPACIDAD CONSIDERABLE, MONTADA SOBRE LA BARCAZA DE TENDIDO O UNA BARCAZA GRUA AUXILIAR,- MAS EL EMPLEO DE BUZOS PARA HACER LAS NECESARIAS MEDICIONES, CORTES Y ASEGURAR EL CORRECTO AJUSTE DE - LAS ABRAZADERAS DEL TUBO ASCENDENTE.

PARA CASOS DONDE SE REQUIERA LA INSTALACION DE UN - ASCENDENTE Y TENDER TUBERIA QUE SE ALEJE DE LA PLATAFORMA, HACE NECESARIO EL PREFABRICAR EL TUBO ASCENDENTE Y MANTENERLO VERTICALMENTE, CON EL AUXILIO DE UNA BARCAZA-GRUA; MIENTRAS SE SUELDA AL EXTREMO DE - LA LINEA, LA CUAL ES MANTENIDA BAJO LA SUPERFICIE - MEDIANTE LA BARCAZA DE TENDIDO Y SU PONTON, LUEGO SE BAJAN LENTAMENTE Y EN FORMA SIMULTANEA LA LINEA Y EL TUBO ASCENDENTE A MEDIDA QUE LA BARCAZA SE ALEJA.

ESTO, NATURALMENTE REQUIERE DE UN CONTROL MUY PRECISO DE LOS PONTONES, LO CUAL ES REALIZADO POR LOS BUZOS, ASI COMO UNA CONTINUA COORDINACION HASTA QUE EL ASCENDENTE ESTA EN EL FONDO Y LAS ABRAZADERAS SEAN ASEGURADAS.

EN OTROS CASOS, ES NECESARIO QUE EL TUBO ASCENDENTE - LLEGUE JUNTO A LA PLATAFORMA. EN ESTE CASO, SE REQUIERE GENERALMENTE QUE LA BARCAZA DE TENDIDO, TIENDA SU - LINEA LO MAS CERCA POSIBLE A LAS PATAS DE LA PLATAFOR-

MA, PARA QUE ESTA DESCANSE A UN COSTADO Y SOBRE EL - FONDO, MEDIANTE SUS PESCANTES DE DESCENSO Y PONTON SE HARA UNA MEDICION PRECISA DE LA DISTANCIA ENTRE EL EXTREMO DE LA TUBERIA Y UNA DE LAS PATAS DE LA - PLATAFORMA. LA SECCION HORIZONTAL DEL TUBO ASCENDENTE. ES POSTERIORMENTE CORTADA SUBIENDO LA TUBERIA - HASTA LA SUPERFICIE DONDE EL ASCENDENTE ES SOLDADO A LA LINEA Y LUEGO BAJADO NUEVAMENTE AL FONDO, CON LA AYUDA DE LA GRUA DE LA BARCAZA O DE LA BARCAZA-GRUA AUXILIAR, SOSTENIENDO EL TUBO ASCENDENTE EN POSICION VERTICAL, A MEDIDA QUE LA LINEA ES BAJADA HASTA DEJARLA SEGURA SOBRE EL FONDO Y PUESTAS LAS ABRAZADERAS. AMBOS METODOS, REQUIEREN UN CONTROL MUY EXACTO DE LA LONGITUD DEL TUBO ASCENDENTE Y LA COORDINACION DE LOS DIFERENTES EQUIPOS, ADEMAS DE SEÑALAR QUE ESTO NO ES - POSIBLE EN AGUAS CON PROFUNDIDAD A LA CUAL LOS BUZOS QUE UTILIZAN EL EQUIPO DE AIRE CONVENCIONAL NO PUEDE FUNCIONAR.

NUEVO METODO.- HAY UN METODO RADICALMENTE DISTINTO PARA LA INSTALACION DE TUBO ASCENDENTE EN AGUAS PROFUNDAS, QUE ELIMINA LAS DESVENTAJAS ANTERIORES. ESTE METODO CONSISTE EN PASAR LA TUBERIA A TRAVES DE UN TUBO PRE FORMADO EN (J) , TUBO CONDUCTOR QUE ES CONSTRUIDO DENTRO DE LA ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA.

CUANDO SE INSTALA EL ASCENDENTE AL EXTREMO DE LA LINEA SUFICIENTE TUBERIA EXTRA DEBE TENDERSE, PASANDO LA PLATAFORMA PARA PERMITIR EL TIRON DENTRO DEL TUBO J. - -

APROXIMADAMENTE 90 M. (300'), DESPUES DE QUE LA SOLDADURA HA SIDO TERMINADA, TODA LA TUBERIA ES BAJADA AL FONDO DEL OCEANO. DESPUES UN CABLE ES UNIDO AL EXTREMO DEL TUBO Y PASADO A TRAVEZ DEL TUBO J. MEDIANTE REMOLCADORES SE HACE EL TIRON DEL TUBO QUE ADOPTA UNA FORMA DE (S) EN EL FONDO. EN EL PROCESO, EL EXTREMO DEL TUBO ES INTRODUCIDO UN CORTO TRAMO DENTRO DEL TUBO J.

FINALMENTE LA LINEA ES TIRADA A TRAVEZ DEL TUBO J. MEDIANTE EL CABLE ATADO AL EXTREMO DE LA LINEA Y UNIDO A UN MALACATE SOBRE LA PLATAFORMA, EL MALACATE DE LA BARCAZA ASISTE PARA MOVER EL TUBO SEGUN SE REQUIERA, ADEMAS DE SOPORTAR EL PESO DEL TUBO Y ASI REDUCIR LA FRICCION SOBRE EL FONDO DEL OCEANO.

ASCENDENTES CONVENCIONALES:

EL ASCENDENTE CONVENCIONAL CONSISTE EN UN TUBO EN FORMA DE "L" SOLDADO A LA SECCION TENDIDA SOBRE EL FONDO EJECUTANDOSE EL ENSAMBLE, A UN LADO DE LA PLATAFORMA MEDIANTE UNA BARCAZA CON GRUA.

LA GRUA SE OPERA COORDINADAMENTE CON LA BARCAZA DE TENDIDO Y EL AGUIJON PARA BAJAR LA LINEA Y LA SECCION "L" EN FORMA PROGRESIVA HACIA EL FONDO, A MEDIDA QUE NUEVOS TRAMOS SE SUELDAN A LA PARTE VERTICAL DEL ASCENDENTE.

A CONTINUACION EL ASCENDENTE ES SUJETADO A UNA PATA DE LA PLATAFORMA MEDIANTE ABRAZADERAS COLOCADAS POR BUZOS. UNA MODIFICACION RELATIVAMENTE RECIENTE A ESTE METODO, CONSISTE EN UNA VIA O RIEL H A LO LARGO DE UNA DE LAS -

PATAS DE LA PLATAFORMA, POR DONDE LA PIEZA 'L' PUEDE SER GUIADA. SIN EMBARGO, AUN CON LA VIA GUIA, EL TALUD O PENDIENTE CON QUE USUALMENTE SE CONSTRUYEN LAS PATAS DE LAS PLATAFORMAS, CAUSAN CONSIDERABLE DIFICULTAD AL ENVIAR EL ASCENDENTE (RISER) HASTA EL FONDO Y QUE ADOPTE LA FORMA CONVENIENTE PARA PERMITIR LA COLOCACION DE ABRAZADERAS EN LOS PUNTOS DETERMINADOS PREVIAMENTE.

NO OBSTANTE LAS TECNICAS DE MANEJO Y EXPERIENCIA EN ESTE TIPO DE MANIOBRAS, PARA QUE ESTA OPERACION SEA RAZONABLEMENTE ECONOMICA, SE REQUIERE QUE LA PROFUNDIDAD DEL AGUA SEA MAYOR DE 30 M. (100') Y DURANTE LOS PERIODOS DE MAR CALMADO. EL PROBLEMA DEL MANEJO Y EL COSTO DE LA ASISTENCIA DE BUZOS, AUMENTAN RAPIDAMENTE CON LA PROFUNDIDAD DEL AGUA.

SOLDADURA HIPERBARICA

EL SISTEMA CONSISTE FUNDAMENTALMENTE DE UNA "CAJA" INVERTIDA LA CUAL ESTA EQUIPADA CON LOS ACCESORIOS NECESARIOS PARA DESPLAZAR EL AGUA A TRAVES DE GASES A ALTA PRESION. ASIMISMO, LA "CAJA" CONTIENE LAS FACILIDADES REQUERIDAS PARA PERMITIR EL ACCESO AL PERSONAL DE BUCEO EN EL FONDO MARINO UNA VEZ QUE EL AGUA HA SIDO DESPLAZADA.

BUZOS ENTRENADOS EN EL ARTE DE LA SOLDADURA HIPERBARICA Y LOS TRABAJOS RELACIONADOS TRABAJAN EN ESTE MEDIO EN CONDICIONES - SIMILARES A AQUELLAS ENCONTRADAS EN LA SUPERFICIE.

LAS TUBERIAS A CONECTAR SE ALINEAN APROXIMADAMENTE UTILIZANDO ARMAZONES HIDRAULICOS ESPECIALMENTE DISEÑADOS PARA ESTE OBJETO ANTES DE INSTALAR EL SISTEMA PARA SOLDADURA HIPERBARICA SOBRE LA TUBERIA.

ABRAZADERAS HIDRAULICAS QUE FORMAN PARTE DEL SISTEMA SE MOVILIZAN EN POSICION SOBRE LA TUBERIA, AL MISMO TIEMPO QUE LA ELEVACION DEL SISTEMA SE AJUSTA A TRAVES DE PATAS HIDRAULICAS PARA ESTE EFECTO. UNA VEZ QUE LO ANTERIOR SE HA LLEVADO A CABO, SE PUEDE PROCEDER CON LAS PREPARACIONES REQUERIDAS PRELIMINARES A LA EVACUACION O DESPLAZAMIENTO DEL AGUA DE MAR CONTENIDA DENTRO DEL SISTEMA.

ARMAZONES HIDRAULICOS PARA EL MANEJO DE TUBERIAS
SOBRE EL FONDO MARINO

EL ARMAZON CONSISTE DE UNA ESTRUCTURA PRINCIPAL DE TRES PATAS LA CUAL CONTIENE UN RIEL SOBRE EL CUAL SE TRASLADA UN TREN -- EQUIPADO PARA EL MANEJO DE TUBERIA DE HASTA 42" CON CUBIERTA DE LASTRE. EL CONTROL DEL ARMAZON Y SUS FUNCIONES EN EL MANEJO DE TUBERIAS SE LOGRA A TRAVES DE ARIETES HIDRAULICOS.

GENERALMENTE SE REQUIERE DE DOS ARMAZONES PARA EFECTUAR TRABAJOS DE INSTALACION Y REPARACION DE TUBERIAS, UNA A CADA LADO DEL SISTEMA DE SOLDADURA. ESTAS SON CONTROLADAS TANTO CON BUZOS EN AGUA O DESDE EL INTERIOR DEL SISTEMA POR EL PERSONAL - AHI UBICADO.

EL SISTEMA LIGERO HA SIDO DISEÑADO PARA TRABAJAR EN ACUERDO - CON EL ESPACIO Y CAPACIDAD DE GRUA DISPONIBLE A BORDO DEL TIPICO BARCO AUXILIAR DE CONSTRUCCION. EL SISTEMA DE SOLDADURA HIPERBARICA COMPRENDE EL CONJUNTO HABITACIONAL PARA SOLDADURA COMPLEMENTADO POR DOS ARMAZONES HIDRAULICOS INDEPENDIENTES PARA EL MANEJO DE TUBERIAS CON CAPACIDAD PARA MANEJAR PESOS DE HASTA 42 TONELADAS.

LOS COMPONENTES DEL SISTEMA LIGERO SON COMO SIGUE:

LA ESTACION DE SOLDADURA Y BUCEO (WADS) ES EL CENTRO DE MANDO PARA EL SISTEMA DE SOLDADURA HIPERBARICA Y PROPORCIONA LOS --

SERVICIOS A TRAVES DE LOS CUALES EL SUPERVISOR DE BUCEO DIRIJE, CONTROLA Y MANEJA LA EJECUCION DE LA OPERACION.

PARA PERMITIR AL SUPERINTENDENTE DE OPERACIONES CONTROLAR EL TRABAJO A DESARROLLAR TODA LA INFORMACION RELACIONADA CON ASPECTOS AMBIENTALES, OPERACIONES DE SOLDADURA HIPERBARICA SON TRANSMITIDAS A LAS VARIAS ESTACIONES DE CONTROL A TRAVES DEL SISTEMA DE TELEMETRIA O ALTERNATIVAMENTE A TRAVES DE UN SISTEMA RIGIDO DE EMERGENCIA.

ESTA INFORMACION CONSISTE DE TEMPERATURA EN EL HABITAT, HUMEDAD, NIVEL DE RADIACION, PRESION PARCIAL DEL OXIGENO ATMOSFERICO, AMPERAJE Y VOLTAJE PARA CADA MAQUINA SOLDADORA Y LA TEMPERATURA DE LA TUBERIA. LA INFORMACION TRASMITIDA A TRAVES DEL SISTEMA DE TELEMETRIA SE EXHIBE EN UN MONITOR DE VIDEO EN LA CONSOLA DE TELEMETRIA.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA LA COLOCACION DE OFFSET Y RISER PARA UNA LINEA MARINA

1. POSICIONAMIENTO DEL BARCO EN SITIO
2. ACODERAR CHALAN CON OFFSET Y RISER AL BARCO
3. ESTROBAR EL OFFSET SOBRE CHALAN
4. COLOCACION DEL OFFSET EN EL LECHO MARINO
5. ALINEAMIENTO Y CERRADO DE ABRAZADERA DEL OFFSET
6. ESTROBAR EL RISER SOBRE EL CHALAN
7. COLOCACION DEL RISER EN PATA DE PLATAFORMA
8. COLOCACION DE ANILLO Y ESPARRAGOS EN BRIDA QUE UNE AL OFFSET CON EL RISER.
9. CERRADO DE ABRAZADERAS QUE SOPORTAN EL RISER SOBRE LA PATA.
10. COLOCACION DE DEFENSA
11. RETIRADA DEL BARCO O BARCAZA

ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA LA SOLDADURA HIPERBARICA DE UNA LINEA MARINA

1. POSICION EN EL LUGAR DE TRABAJO
2. BAJAN BUZOS A INSPECCIONAR LA LINEA
3. ROMPER CONCRETO (LASTRADO) EN DONDE SE EFECTUARA EL CORTE.
4. CORTE IRREGULAR DE LINEA REGULAR
5. ALINEACION DE LINEA REGULAR CON OFFSET
6. DRAGADO PARA RECIBIR EL HABITAT Y SPAR
7. CONEXION UMBILICAL (VARIAS)
8. COLOCAR SPAR SOBRE LINEA REGULAR Y OFFSET
9. ALINEAR LIN. REG. CON OFFSET PARA PREPARAR EL BIS. DEL L. REG.
10. BAJADO DEL HABITAT
11. SELLAR Y EFECTUAR VACIO EN HABITAT, COLOCAR PIGS. EN TUB. L. REG.
12. BISELADO DE L. REG. Y PREPARAR CARRETE DE AJUSTE.
13. COLOCACION DE CARRETE DE AJUSTE
14. ALINEADO DE CARRETE, PRECALENTAMIENTO Y LIMPIEZA
15. 1A. SOLD. DE CARRETE DE AJUSTE
16. ALINEADO PRECALENTAMIENTO Y LIMPIEZA
17. 2A. SOLD. DE CARRETE DE AJUSTE
18. TOMA DE RADIOGRAFIAS
19. REVELADO E INTERPRETACION DE RADIOGRAFIAS
20. RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EN SOLD. Y CARRETE DE AJUSTE
21. SEPARACION DE CONEXIONES DE HABITAT (UMBILICALES).
22. LEVANTAR EL ESPAR DEL LECHO MARINO Y COLOCARLO SOBRE CUBIERTA DE BARCAZA.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA LA PRUEBA HIDROSTATICA DE UNA LINEA MARINA

1. POSICIONAMIENTO DE LA BARCAZA EN LA PLATAFORMA
2. REVISION DE TRAMPA DE DIABLOS (APRETAR BRIDAS)
3. PREPARACION Y CHEQUEO DE EQUIPO EN PLATAFORMA Y BARCAZA
4. CONEXION DE MANGUERAS EN BARCAZA
5. CORRIDA DE DIABLO PARA LIMPIAR LINEA Y LLENAR DE AGUA
6. LEVANTAR PRESION PARA EFECTUAR PRUEBA HIDROSTATICA
7. CORRIDA DE GRAFICA
8. QUITAR GRAFICA SI SE MANTUVO LA PRESION
9. SI LA PRESION NO SE MANTIENE SE VUELVE A REVISAR (No. 2)
10. SE BAJA LA PRESION
11. SE COLOCA DIABLO (POLY PIG) PARA DESALOJAR EL AGUA CON AIRE
12. SE DESCONECTAN LAS MANGUERAS
13. LEVANTAN ANCLAS DE LA BARCAZA PARA SU RETIRO

10. MONOBOYAS.

LAS MONOBOYAS TIENEN POR OBJETO AMPLIAR LA INFRAESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA DEL PETROLEO EN EL AREA DEL TRANSPORTE MARITIMO.

POR MEDIO DE ESTE SISTEMA SE REALIZAN LAS MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA ALEJADAS DE LA COSTA, DE BUQUES-TANQUES, ESTE SE DEFINE COMO MONOBOYA TIPO CATENARIA.

PERMITE EL DESCONGESTIONAMIENTO DE LOS PUERTOS PETROLEROS DE EMBARQUE YA QUE PUEDE CARGAR BUQUES-TANQUES HASTA DE - 250,000 TONELADAS.

LAS MONOBOYAS SON DISEÑADAS PARA PROPORCIONAR UN AMARRE SEGURO A BUQUES-TANQUES, PUDIENDO CARGAR O DESCARGAR PRODUCTOS, CONSIDERANDO LA RESULTANTE DE LOS EFECTOS DE VIENTO, CORRIENTES Y OLEAJE, LA EMBARCACION QUEDA AMARRADA EN LA POSICION QUE PRESENTE MENOS RESISTENCIA A LAS CONDICIONES CITADAS.

LAS MONOBOYAS O TERMINALES DE CARGA, SON SIMILARES A UNA EMBARCACION DE ESTRUCTURA DE ACERO Y SU DISEÑO ESTRUCTURAL DEBE CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA AMERICAN BUREAU OF SHIPPING O SIMILAR (ABS).

SU INSTALACION Y MANTENIMIENTO SON SIMPLES, PERMITE AL -

BARCO GIRAR, ACOMODANDOSE EN LA POSICION QUE PRESENTA MENOR RESISTENCIA AL VIENTO Y PUEDE TRABAJAR EN CONDICIONES DE TIEMPO IMPOSIBLES PARA CUALQUIER OTRA INSTALACION, TAMBIEN PUEDE TRASLADARSE A OTRO LUGAR QUE SE CONSIDERE MAS CONVENIENTE.

CONSIDERANDO COMO UNA SOLA ESTRUCTURA LA MONOBOYA EN SI, LAS CADENAS, LAS ANCLAS Y LOS CABOS DE AMARRE, TENEMOS LAS SIGUIENTES CONDICIONES DE TRABAJO:

1. CONDICIONES AMBIENTALES NORMALES.
   EL SISTEMA PUEDE OPERAR CON BARCOS HASTA DE 250,000 TONELADAS.

2. CONDICIONES AMBIENTALES DE TORMENTA.
   CON UN BARCO DE 150,000 TONELADAS AMARRADO, LOS FACTORES DE SEGURIDAD DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SON: CADENAS 2.45, ANCLAS 1.3 Y LOS CABOS 1.1., ESTOS FACTORES SE TENDRAN SOLO EN CONDICIONES OCEANOGRAFICAS, LAS CUALES ESTAN CONSIDERADAS COMO ACCIDENTALES, ES DECIR, CUANDO POR CAUSAS FORTUITAS UN BARCO SEA SORPRENDIDO AMARRADO A LA BOYA, LOS FACTORES ANTES SEÑALADOS SE ACEPTAN PARA ESTAS CONDICIONES DE TRABAJO.

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE TORMENTA PARA BARCOS DE 250,000 TONELADAS AMARRADOS, SE EXCLUYE LA POSIBILIDAD DE QUE POR CAUSAS ACCIDENTALES OPEREN DURANTE UNA TORMENTA CON LA MO-

NOBOYA.

SI POR ALGUNA RAZON EL BUQUE TANQUE ES SORPRENDIDO AMARRADO A LA BOYA, SE PREVEE QUE SE ROMPA EL CABO DE AMARRE, PARA - LIBERAR EL BARCO Y NO SE DAÑE.

PARA QUE SE CUMPLAN ESTAS CONDICIONES, LOS FACTORES DE SEGURIDAD A LA FALLA SON: CADENAS 1.79, ANCLAS 0.95 Y CABOS -- 0.75.

SE DEBEN TOMAR EN CUENTA LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LOS BARCOS AMARRADOS, EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD EN QUE SEA LOCALIZADA LA MONOBOYA, RESPECTO AL NIVEL DE BAJAMAR - MEDIA.

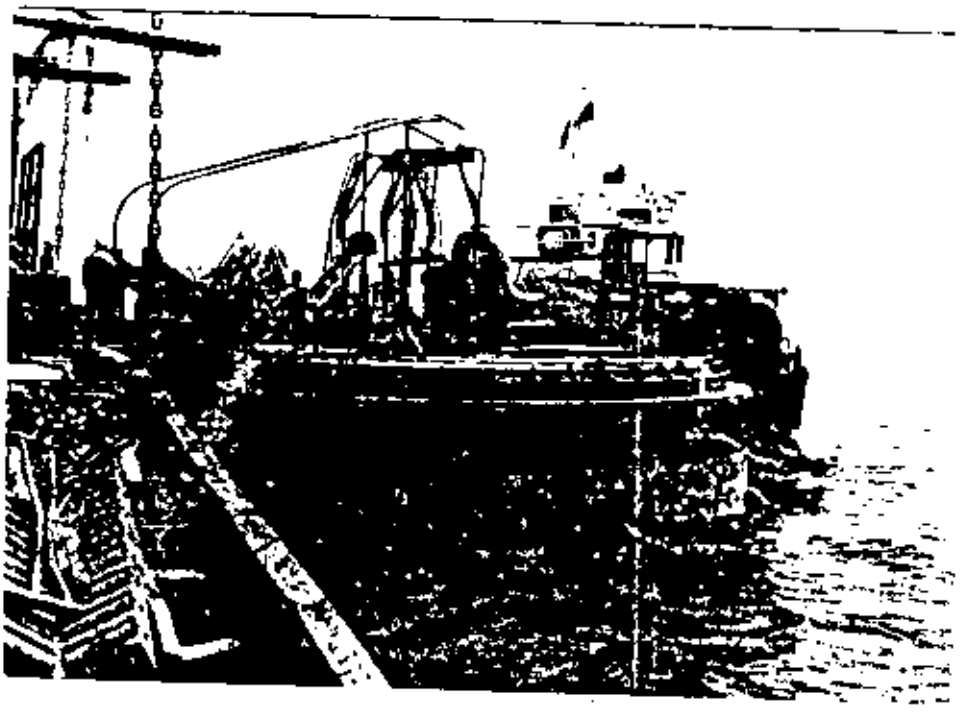
LA ESTABILIDAD DE LA MONOBOYA DEBE SER SATISFACTORIA, AUN EN EL CASO DE TENERSE UN BARCO DE 250,000 TONELADAS AMARRADO DURANTE UNA TORMENTA.

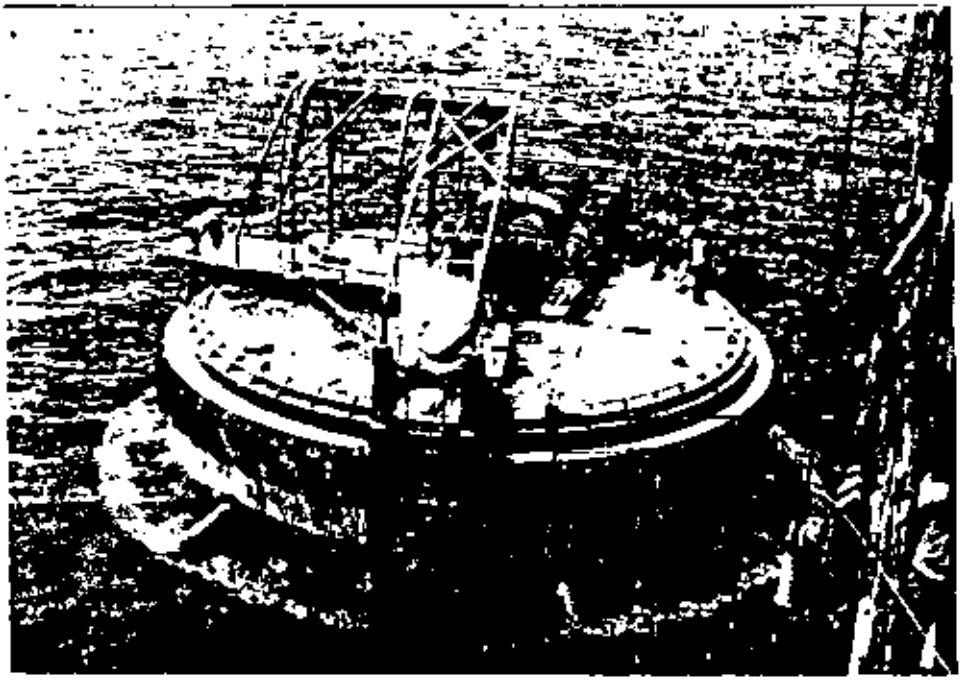
M O N O B O Y A

FACTORES DE SEGURIDAD A LA FALLA DEL SISTEMA

		CONDICIONES AMBIENTALES			
	RESISTENCIA	BARCO 150,000 T.		BARCO 250,000 T.	
ELEMENTO	TONELADAS	NORMALES	TORMENTA	NORMALES	TORMENTA
CABO	431	3,39	1.10	2.36	0.75
ANCLAS	326	4.08	1.30	2.96	0.95
CADENAS	621	7,40	2,45	5,45	1.79

MONO BOYA





8.3

11. EQUIPOS DE APOYO.

PARA LAS DIFERENTES FASES QUE COMPONEN LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ALEJADAS FUERA DE LA COSTA, ES NECESARIO CONTAR CON LOS EQUIPOS DE APOYO MINIMOS PARA LA CORRECTA EJECUCION DE LOS MISMOS:

DICHOS EQUIPOS SON:

A. TRANSPORTE DE PILOTES Y ESTRUCTURAS.

1. CHALAN DE LANZAMIENTO
2. CHALAN DE CARGA
3. REMOLCADORES

B. LANZAMIENTO, POSICIONAMIENTO, PILOTEO Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS Y DE MODULOS DE PERFORACION.

1. BARCAZA GRUA CON CAPACIDAD DE 2,000 T.

C. TENDIDO DE LINEAS SUBMARINAS.

1. BARCO POSICIONADOR
2. BARCAZA DE TENDIDO
3. BARCAZA DE ENTERRADO

D. INSTALACION DE TUBERIAS ASCENDENTES.

1. BARCAZA PARA EFECTUAR SOLDADURAS HIPERBARICAS CON SU EQUIPO COMPLETO DE SATURACION.

E. TRANSPORTE Y ABASTECIMIENTO.

1. HELICOPTEROS DIFERENTES CAPACIDADES.
2. BARCO ABASTECEDOR.
3. BARCO DE PASAJEROS.

F. UNIDADES HABITACIONALES.

1. BARCO SEMISUMERGIBLE COMO UNIDAD DE APOYO HABITACIONAL Y APOYO AEREO.

12. PROYECTO DE LA SONDA DE CAMPECHE

LA PLATAFORMA CONTINENTAL QUE RODEA LA PENINSULA DE YUCATAN ES DE GRAN TAMAÑO, PUESTO QUE CUBRE UNA SUPERFICIE DE MAS DE 170 MIL KILOMETROS CUADRADOS. ESTA PLATAFORMA SE EXTIENDE SOBRE TODO AL NORTE Y AL PONIENTE DE LA PENINSULA.

AUNQUE LA EXPLORACION GENERAL SISMOLOGICA MARINA HA CUBIERTO LA MAYOR PARTE DE ESTA PLATAFORMA CONTINENTAL, SE HAN HECHO TRABAJOS DE MAYOR DETALLE EN UNA SUPERFICIE DE 8 MIL KILOMETROS CUADRADOS EN LA PARTE SUR DEL GOLFO DE MEXICO, FRENTE A LAS COSTAS DEL ESTADO DE CAMPECHE, EN DONDE SE DESCUBRIO UN IMPORTANTE COMPLEJO DE CAMPOS PRODUCTORES DE PETROLEO CRUDO.

LA ZONA QUE YA HA PROBADO TENER YACIMIENTOS DE PETROLEO COMPRENDE UN AREA POR DESARROLLAR DE 700 KILOMETROS CUADRADOS. ESTO AUNADO AL IMPRESIONANTE ESPESOR DE LAS ROCAS SATURADAS CON PETROLEO Y A LA GRAN POROSIDAD DE LAS MISMAS, HA CONVERTIDO AL GOLFO DE CAMPECHE EN LA NUEVA PROVINCIA PETROLERA MAS IMPORTANTE DEL MUNDO.

HASTA ESTE MOMENTO, EL PRINCIPAL CAMPO DE LA SONDA DE CAMPECHE ES EL LLAMADO AKAL, QUE, CON PRODUCCION DE 42 MIL BARRILES POR DIA POR CADA POZO, SE ENCUENTRA A LA CABEZA DE LOS -

CAMPOS PRODUCTORES DEL MUNDO, EN CUANTO AL RENDIMIENTO PROMEDIO POR POZO.

A UNA DISTANCIA APROXIMADA DE 80 KM. DE LAS COSTAS DE CD. DEL CARMEN, SE LOCALIZA LA SONDA DE CAMPECHE, EN UN RECTANGULO CON UN AREA DE TRABAJO DE 1,400 KM^2.

EN ESTA AREA SE LOCALIZAN LAS SIGUIENTES ESTRUCTURAS GEOLOGICAS EN ORDEN DE IMPORTANCIA.

AKAL, NOHOCH, ABKATUM, IXTOC, KU, MALLOB, CHAC, KUTZ, KANAAB, PO E IXCH.

LOS CAMPOS ACTUALMENTE EN EXPLOTACION AKAL, NOHOCH Y ABKATUM CON 10 PLATAFORMAS DE PERFORACION EN OPERACION, ESTAN UNIDOS ENTRE SI POR LINEAS DE RECOLECCION (OLEOGASODUCTOS), QUE - - TRANSPORTAN EL ACEITE Y LO LLEVAN HASTA LAS PLATAFORMAS DE - PRODUCCION, DONDE SE SEPARA EL CRUDO DEL GAS, EL CRUDO SE ENVIA A TIERRA DESDE LAS PLATAFORMAS DE ENLACE A TRAVES DE DOS OLEODUCTOS MARINOS DE 36" Ø QUE PARTEN DE LOS COMPLEJOS AKAL-C Y AKAL-J HACIA EL PUERTO DE DOS BOCAS, TABASCO. EL GAS SE RECOLECTARA Y TRANSPORTARA HASTA CIUDAD PEMEX PARA SU APROVECHAMIENTO, UNA VEZ TERMINADA LA CONSTRUCCION DEL GASODUCTO DE 36" Ø QUE PARTE DE NOHOCH "A" A NUEVO PROGRESO EN CAMPECHE Y A LA INSTALACION DE TRES PLATAFORMAS DE COMPRESION Y UNA DE - ENLACE QUE SE ENCUENTRAN EN FABRICACION.

EL PROGRAMA DE TRABAJO CONTEMPLA HASTA LA FECHA, LA FABRICACION E INSTALACION DE 29 PLATAFORMAS DE PERFORACION, 12 DE PRODUCCION, 4 DE ENLACE, 3 DE COMPRESION, 3 HABITACIONALES, 2 DE REBOMBEO; DE LAS CUALES A LA FECHA ESTAN INSTALADAS 23 DE PERFORACION, 5 DE PRODUCCION, 2 DE ENLACE Y UNA MONOBOYA EN ABKATUM EN OPERACION PARA CARGA A BUQUES CON CAPACIDAD - DE 250,000 TONELADAS, 114 KILOMETROS DE LINEAS DE 14 A 24 - PULGADAS DE DIAMETRO Y DOS OLEODUCTOS A TIERRA DE 36" Ø POR 161 KMS. DE LONGITUD YA CONSTRUIDOS Y EN OPERACION; DOS GASODUCTOS DE 36" Ø Y DOS DE 24" Ø EN CONSTRUCCION CON UNA LONGITUD DE 119 KMS.

ASIMISMO SE ENCUENTRA EN CONSTRUCCION UN OLEODUCTO DE 36" Ø POR 95 KMS. DEL COMPLEJO AKAL J A CAYO ARCAS DONDE ESTA PROYECTADA UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y PUERTO, CUYA PRIMERA ETAPA CONSISTIRA EN CARGA A BUQUES MEDIANTE UNA MONOBOYA PARA BARCOS HASTA DE 250,000 TONELADAS DE PESO MUERTO.

SE ENCUENTRA EN PROYECTO LA FABRICACION E INSTALACION DE 4 PLATAFORMAS MAS PARA PERFORACION, 4 DE ENLACE, 1 DE PRODUCCION, 3 DE COMPRESION Y 2 HABITACIONALES ASI COMO 180 KMS. DE OLEODUCTOS DE 36" Ø, 80 KMS. DE LINEAS DE RECOLECCION EN 20" Ø Y 35 KMS. DE GASODUCTOS DE 36" Ø.

centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

TOMO II LA PLANIFICACION Y ORGANIZACION DEL PUERTO

AGOSTO, 1980

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

CURSO DE EXPLOTACION Y DIRECCION DE PUERTOS

TOMO II

LA PLANIFICACION Y ORGANIZACION DEL PUERTO

Parte IV - LA PLANIFICACION Y DIMENSIONAMIENTO
Parte V - LA ORGANIZACION DEL PUERTO
Parte VI - LA ADMINISTRACION DEL PUERTO
BIBLIOGRAFIA GENERAL

MODESTO VIGUERAS GONZALEZ
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de la Escuela Técnica Superior de I.C.C.P. MADRID

ESCUELA TECNICA SUPERIOR

DE

INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

MADRID

CURSO DE EXPLOTACION Y DIRECCION DE LOS PUERTOS

Catedrático :
Modesto Vigueras González
Dr. Ingeniero de C.C. y P.

Depósito Legal: M-9678-1977
I.S.B.N.: 84-7433-002-5

ESCUELA TECNICA SUPERIOR

DE

INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

CURSO DE EXPLOTACION Y DIRECCION DE PUERTOS

TOMO II - LA PLANIFICACION Y ORGANIZACION DEL PUERTO

MODESTO VIGUERAS GONZALEZ
Dr. Ingenieros de Caminos, C. y P.

Catedrático de la Escuela Técnica Superior de I.C.C.P. MADRID

P A R T E C U A R T A

LA PLANIFICACION Y EL DIMENSIONAMIENTO

CAPITULO PRIMERO - LA PLANIFICACION DEL PUERTO

1. Generalidades. 2. Objetivos y Definiciones. 3. Compás de la actuación del Estudio. 4. Factores e intereses determinantes de la solución. 5. Desarrollo y metodología de la Planificación.

1.1. GENERALIDADES

Necesidad e importancia de la Planificación

Los Puertos forman uno de los conjuntos más complejos de la actividad humana, siendo comparables a los casos más complicados y por ello es indispensable tratar de definir -aunque sea solamente a grandes rasgos- cual es la meta u objetivo que se desea alcanzar en cada momento y delimitar simultáneamente el abanico de opciones que se pueden escoger conforme se vayan presentando los problemas a lo largo del desarrollo.

Las circunstancias cambian con el tiempo, y a veces lo hacen de manera radical, por lo que será muy difícil poder lograr una precisión y unos planes que prácticamente fueran utilizables en el tiempo sin que tuviesen que introducir modificaciones; esto es una utopía, pero no hay duda que con un estudio cuidadoso realizado por un equipo especialista se estará mucho más cerca del acierto que sin realizar ninguna previsión y es cierto "vale más disponer de un plan de actuación aunque sea deficiente, que no disponer de ninguno".

Ahora bien, un plan no es un artículo de fé que haya que seguirlo ciegamente sin tomar decisiones que deban alterarlo en caso necesario; si los fundamentos que sirvieron de base al plan cambian, debe modificarse la solución elegida para acomodarse a las circunstancias. Esto debe realizarse con precacución y por especialistas, pues una actuación desafortunada podría acarrear graves consecuencias sobre el desarrollo futuro del Puerto. Creemos oportuno citar en este momento las palabras del Dr. Timberger sobre el valor de los planes que se hacen: "Debe quedar bien claro que la programación no es una alternativa del sentido común; no puede sustituir al sentido común y no debe sustituirlo. Lo suplementa,-

sobre todo, por lo que respecta a los órdenes de magnitud de los fenómenos en juego".

En la planificación del Puerto, el sentido común es la capacidad, conocimiento, experiencia y sentido común del especialista portuario, que con un amplio conocimiento de la materia y de los factores en juego, puede pesar todas las circunstancias para tomar la decisión apropiada que conduzca por el camino más adecuado.

1.2. OBJETIVOS Y DEFINICIONES

1.2.1. El puerto "ideal"

El objetivo final y la aspiración máxima de la planificación sería conseguir un "puerto ideal". La primera dificultad estribo en saber en que consiste tal puerto; se podría decir que sería aquel que para todas las actividades y necesidades tuviera una organización y medios que le permitiera servirles con la máxima eficacia y mínimos costos y que fuera compatible con los condicionantes de toda índole del entorno de su emplazamiento.

Pero en el puerto coexisten una serie de actividades y funciones cuyos intereses, no solo no son comunes, sino que a menudo son contrarios y chocan entre sí, por lo que a unos puede parecerles una buena solución a otros les parecerá que les perjudica o que existían otras mejores y más eficaces.

El "puerto ideal" que se trata de planificar, será aquel que considerando los diferentes puntos de vista interesados legítimamente -colectividad, tráfico, usuarios, etc.- logre el máximo rendimiento para la nación, y no sólo para un grupo o actividad especial o parcial, y con una valoración adecuada de los criterios que han de predominar en la elección de la solución, ya sean políticos, económicos, sociales, humanos, etc.

Se debe cambiar la mentalidad de muchos portuarios que consideran como Puerto ideal aquel que tenga una buena planta o disposición de obras e instalaciones, una acertada elección y cálculo de estructuras, etc., con olvido total de los problemas de explotación; las obras e instalaciones de un Puerto son un medio y no un fin y por tanto el medio no debe ser el objetivo.

El objetivo final es el servicio a la misión del Puerto de acuerdo con su función: al servicio de la navegación, comercio, tráfico, industria u otras actividades específicas.

Tampoco es admisible la teoría de que un Puerto que permita un "óptimo económico" habiendo prescindido de cualquier

otra consideración derivada de condiciones del entorno, es una solución"ideal". Un puerto que origine un conflicto con la zona circundante, por destruir valores físicos, humanos, de cualquier otro tipo similar de valor superior al económico deseado, no es una solución aceptable, ya que la técnica del especialista debe ofrecer otras posibilidades que hagan compatible la construcción del Puerto con el máximo respeto a las condiciones existentes.

El puerto que logre dar las máximas facilidades para cumplir su misión con una óptima solución respecto a las condiciones del emplazamiento, será el "puerto ideal".

1.2.2. DEFINICION DE LA PLANIFICACION

El Puerto es un conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que realizan un servicio global a los usuarios, por lo que cualquier plan que se realice debe contemplar en primer lugar la organización, esquema del conjunto, forma de realizar las operaciones y rendimientos esperados, y después, atender al dimensionamiento de las obras e instalaciones de acuerdo con las necesidades deducidas de la organización prevista y con las posibilidades del emplazamiento.

Con este concepto del estudio del Puerto se podría definir la actuación necesaria para concretar un plan como sigue:

"Dado un tráfico de volumen y características determinadas, con una variación probable a lo largo del tiempo y fijando previamente la mejor organización y rendimiento de operaciones, encontrar el mejor esquema que sea posible realizar paulatinamente de acuerdo con las condiciones y características del emplazamiento, las condiciones del tráfico y de forma que resulte con el costo total -del puerto y sus usuarios- más económico, y los resultados sean los más eficaces y seguros dentro de las posibilidades de toda índole existentes".

1.2.3. OBJETIVOS

A lo largo del desarrollo de un plan, es necesario pasar por varias fases que suponen cada vez mayor concreción y determinación de las actuaciones.

Podemos diferenciar las siguientes fases:

a) Campo sobre el que se va a actuar con fijación de los objetivos a lo largo del tiempo de acuerdo con unas hipótesis y unos datos. Podriamos decir que es el Para qué, o sea en resúmen el Objetivo del Plan.

b) Acciones a realizar durante el plan para conseguir el objetivo. Es el Qué se va a hacer. Corresponde prácticamente a lo que corrientemente se entiende por Planificación.

c) Concreción de las diferentes actuaciones y esquemas que hay que ir desarrollando a lo largo del plan. Sería el Cómo se va a hacer y corresponde a lo que entendemos por Planeamiento.

d) Señalar prioridades y orden en el tiempo de las realizaciones. Es el Cuándo se va a hacer o Programación.

El Plan es el conjunto de todos los estudios que tienen como finalidad el formular una actuación para conseguir un objetivo en el tiempo señalado y el de Planificación el total de las técnicas empleadas, incluyendo tanto los aspectos del esquema y dimensionamiento como la organización, métodos de explotación, programación y financiación, es decir, englobando en este estudio los conceptos de planeamiento y programación con los de planificación.

1.3. CAMPOS DE ACTUACION DEL ESTUDIO

a) En relación con el ámbito o zona

b) En relación con el tiempo

c) En relación con la evolución del tráfico.

1.3.1. EN RELACION CON EL AMBITO O ZONA

Se refieren a la zona del Puerto que deben estudiarse y es el objetivo final de la planificación.

Los casos más interesantes son los siguientes:

a) Planificación de un nuevo Puerto	a_1) De función general	(ámbito internacional
	a_2) De función específica	(ámbito local
b) Planificación de un Puerto existente	b_1) Con ampliación del mismo y nuevas inversiones	
	b_2) Con simple reordenación	
c) Planificación de una zona portuaria	c_1) Con reordenación y ampliación de las instalaciones existentes	
	c_2) Con simple reordenación.	

1.3.2. EN RELACION CON EL HORIZONTE EN EL TIEMPO

En relación con el tiempo pueden distinguirse los siguientes casos:

A) Planificación a largo plazo: Corresponde a un plan general de un Puerto. El año horizonte debe ser largo y oscila de 25 a 50 años.

B) Planificación a medio plazo: Corresponde la de las zonas portuarias, pues la variación de la tecnología puede obligar a una reordenación. Su año horizonte varía de 10 a 15 años como máximo.

C) Planificación a corto plazo: Suele referirse a las actuaciones más o menos inmediatas para resolver casos determinados o soluciones de corta desviación. Su año horizonte es muy breve y suele variar de 2 a 5 años.

Como es lógico, conforme el horizonte es más lejano la planificación pierde precisión y se va limitando a señalar unas líneas generales de actuación.

En cambio en el caso límite opuesto, la planificación debe señalar unas actuaciones muy concretas y determinadas de aplicación inmediata.

1.3.3. EN RELACION CON LA EVOLUCION DEL TRAFICO

Se refiere a dos casos en que sus extremos son coincidentes:

a) Planificación para un tráfico fijo y determinado.

b) Planificación para un tráfico evolucionando a lo largo del tiempo.

Aunque la planificación final se haga para el año horizonte, debe comprobarse en diferentes años y procurar realizar la solución por etapas.

En el límite se puede hacer un estudio con una variación contínua y entonces se obtiene una planificación contínua.

1.4. FACTORES E INTERESES DETERMINANTES DE LA SOLUCION

Existen diferentes puntos de vista sobre cuales deben ser las prioridades o intereses a atender.

Son de muy diferente tipo y naturaleza, pues algunos son debidos a condiciones naturales del emplazamiento, otros de tipo económico o financiero, otros púramente técnicos y, finalmente, pueden ser políticos, sociales, culturales, etc.

Se puede agrupar como sigue:

a) Debidos al tráfico y medios de transporte

b) Debidos a condiciones existentes

c) Debidos a factores sociales y humanos

d) Debidos a intereses económicos o financieros

A continuación los analizaremos brevísimamente.

1.4.1. DEBIDOS AL TRAFICO Y A LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

El conjunto de estos factores es sin duda el fundamental y básico en la planificación, ya que la misión del Puerto es atender al paso de la mercancía que se mueve mediante unos medios de transporte.

En resumen podríamos decir que es el Para qué u objetivo final.

1.4.2. DEBIDOS A CONDICIONES EXISTENTES

Son muy variados y su importancia radica en que son los que determinan el modelo del esquema, estructura, o sistemas de operaciones. Así mismo influyen decisivamente en el costo del primer establecimiento. Determinan la posibilidad o facilidad de construir el Puerto.

1.4.3. DEBIDOS A INTERESES ECONOMICOS O FINANCIEROS

Son muy importantes, pues en resumen son los que demuestran la factibilidad del plan. A veces incluyen otros que se refieren a los intereses particulares de grupos que los anteponen a los del conjunto; aparte de que no son admisibles, son muy peligrosos, pues pueden suponer un verdadero peligro contra una elección honesta y adecuada.

1.4.4. DEBIDOS A FACTORES POLITICOS Y HUMANOS

Podríamos llamarlos de tipo negativo, en el sentido que son condicionantes de la solución por motivos ajenos a la actividad portuaria propiamente dicha, es decir por consideraciones que atañen a la colectividad y al individuo como persona.

1.5 DESARROLLO Y METODOLOGIA DE LA PLANIFICACION

1.5.1. El esquema general del Puerto

El estudio de un plan de un Puerto puede esquematizarse conforme al siguiente problema:

1) Dado un tráfico cuyas características y evolución se conocen a lo largo del tiempo, y un emplazamiento cuyas condiciones existentes de toda índole son así mismo conocidas.....

2) Determinar un esquema básico de instalaciones, organización y métodos de operaciones, que sea capaz de atender a las actividades portuarias previstas en las condiciones óptimas de costes y eficacia de acuerdo con las posibilidades del emplazamiento.

La determinación del "esquema básico" o "master plan" ha de hacerse forzosamente "a priori" por el especialista de acuerdo con la definición y misión de un Puerto: Un punto o línea de contacto -el muelle- donde confluyen dos sistemas de transportes -el marítimo y el terrestre- para realizar el intercambio de cargas.

El problema consiste por tanto en determinar -en forma y dimensiones- las tres incógnitas fundamentales del Puerto: Agua+Línea de Muelles+Tierra.

La unidad operacional básica e indivisible es la formada por:

- dársena o superficie de agua contigua al muelle
- línea de muelles
- terraplenes de operaciones anejo al muelle

El conjunto de todas las unidades más la parte general sería:

- Superficies generales de agua
- Zonas de operaciones (con sus líneas de muelles y superficies de agua y tierra anejas a ellas)
- Superficies generales de tierra.

Las "líneas generales" forzosamente debe trazarlas el portuario a la vista de los factores anteriores de acuerdo con sus conocimientos y experiencia y en base a ese esquema básico primario proceder posteriormente a su dimensionamiento y ajuste.

Esta decisión -de la que depende todo el futuro del Puerto- solamente la puede dirigir y proponer a la Nación un es-

pecialista en estos temas que es lo que llamamos el Ingeniero Director del Puerto.

1.5.2. Metodología del estudio

Las etapas necesarias para resolver el problema son las siguientes:

A) Estudios básicos.-

a_1) Tráfico y su evolución.-

a_2) Condiciones existentes.-

a_3) Métodos de operaciones y rendimientos previsibles.-

a_4) Obras e instalaciones necesarias.-

a_5) Posibilidades de ampliación.-

a_6) Aspectos financieros.-

B) Soluciones posibles y características de las mismas.

Es la aplicación de las variables anteriores a la ecuación básica que es el esquema general del Puerto.

Generalmente habrá más de una solución básica y pueden diferir tanto en distribución como en organización, etc.

Es necesario compararlas entre ellas, y se deben definir sus características más importantes, tanto referentes al esquema y su funcionamiento como de costos, beneficios y rentabilidad.

Los aspectos básicos que deben analizarse son:

b_1) Esquema del Puerto y su funcionamiento operacional

b_2) Costos.-(tanto de la construcción y explotación del Puerto como los de los usuarios).

b_3) Rentabilidad.-(económica y financiera)

C) Elección de la solución.-Es el momento crucial del estudio, ya que es cuando se marca el camino futuro y donde el portuario debe asumir toda la responsabilidad con sus conocimientos y decidir entre las varias soluciones existentes.

Los puntos más concretos a señalar son:

c_1) Bases de comparación y criterios de elección.-Fijando los que servirán para poder unificar los diferentes aspectos y valorarlos.

c_2) Análisis y juicio de las diferentes soluciones.-

c_3) Elección de la solución.- (Dando las razones de la decisión).

D) Desarrollo de la solución.- Una vez realizado el estudio, es necesario comprobar que cumple con todos los condicionantes y es capaz de atender a las exigencias que se le demandan.

Se pueden distinguir los siguientes aspectos:

d_1) Anteproyecto de la solución

d_2) Análisis de la misma (bajo los aspectos del tráfico, técnicos, económicos, financieros, etc.)

d_3) Comprobación de su funcionamiento.- Mediante la aplicación de casos prácticos o procesos de simulación.

1.5.3. Nivel del estudio.

En el estudio de la solución hay que tener en cuenta los siguientes factores:

1.- El director del estudio debe ser un especialista portuario de la máxima calificación.

2.- Las materias que componen la etapa a) de Bases previas forman parte de los conocimientos específicos del portuario.

3.- Las etapas b), c) y d), son las que constituyen realmente el corazón de la planificación y su análisis y discusión debe formar parte decisiva del conocimiento del especialista, pues se trata de materias específicas de su campo y que se estudian exclusivamente en esta rama del saber técnico.

1.5.4. Desarrollo del estudio.

Hay dos aspectos decisivos que deben estudiarse de un modo especial, que son los que se refieren al dimensionamiento en función del servicio y el resultado económico pues el estudio de la solución más adecuada girará en torno al esquema básico y a sus repercusiones económicas.

Por lo tanto previamente a entrar en el desarrollo del estudio del plan, debe analizarse lo referente a estos temas.

Se desarrolla el estudio de la planificación de la siguiente forma:

a) Los gastos totales en el Puerto y su influencia en la Planificación.

b) El Dimensionamiento del Puerto.

c) El estudio y desarrollo del Plan General.

CAPITULO SEGUNDO: LOS GASTOS TOTALES EN PUERTO Y SU REPERCUSION EN LA PLANIFICACION. EVALUACION ECONOMICA DEL PLAN.

PRIMERA PARTE

1. Bases del Estudio. 2. Gastos totales de las instalaciones y servicios portuarios y su imputación al usuario. 3. Gastos del Barco. 4. Gastos de la Operación Portuaria. 5. Gastos del Transporte Terrestre. 6. Gastos totales de la Actividad Portuaria al paso de un cargamento.

SEGUNDA PARTE

7. Repercusión de los elementos del gasto en la solución.
8. Evaluación y Rentabilidad de las Actuaciones.

PRIMERA PARTE

2.1. BASES DEL ESTUDIO

Los componentes que forman el precio total de un producto en su punto de destino, podemos agruparlos como sigue:

A) Precio del producto en factoría o punto de origen

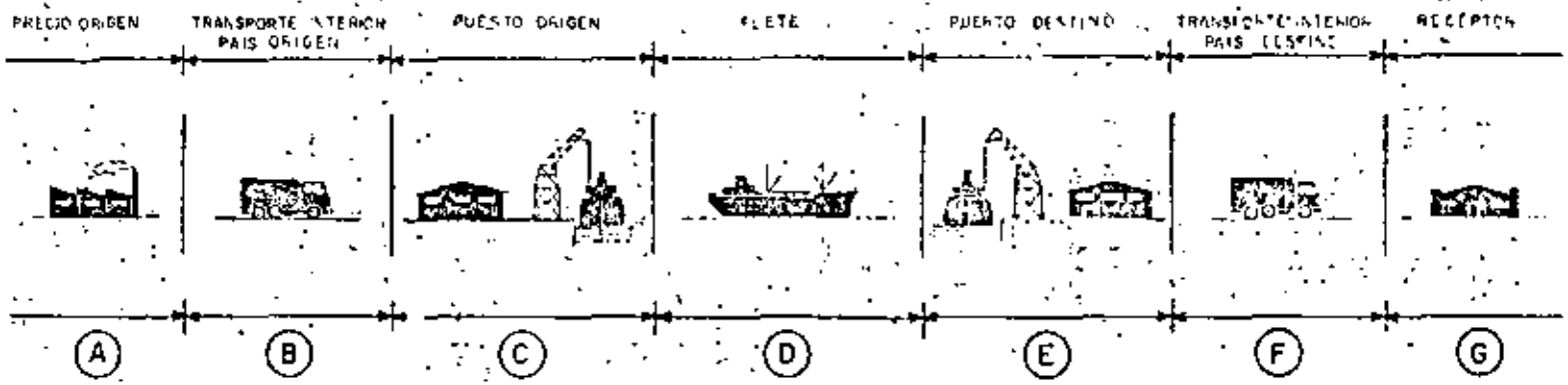
B) Transporte terrestre, carretera, ferrocarril, etc. desde el origen hasta el puerto de embarque (incluyendo descarga en almacén o terraplen portuario).

C) Gastos en puerto de embarque de la operación portuaria desde la llegada de la mercancía hasta depositarla en bodegas de barco, (incluyendo impuestos, tarifas, almacenaje, etc.).

D) Fletes, desde el puerto de salida hasta el de llegada (incluyendo los gastos del barco en ambos puertos, pero no los de las operaciones de manipulación de la mercancía en carga y descarga.

E) Gastos de la operación de desembarque en el puerto de llegada, desde la bodega del barco hasta su carga en el medio del transporte terrestre. (Estos incluyen los originados por cualquier causa, tanto de operaciones y utilización de instalaciones, co

CADENA DEL TRANSPORTE



mo derivados de impuestos, tasas, almacenajes, etc).

F) Gastos de transporte terrestre, desde el puerto de llegada hasta el lugar del receptor.

De todos estos gastos hay unos que son independientes de la actuación del puerto (precios en origen, transportes terrestres hasta el puerto de embarque y de distribución desde el puerto de llegada hasta el puerto de destino).

Otros como los fletes aunque fundamentalmente dependen de causas ajenas al puerto, (distancias de navegación, índice de precios, etc.) vienen influidos por las condiciones portuarias que les imponen limitaciones -calados, dimensiones, etc.- y por tanto deberán ser tenidos en cuenta en el estudio de soluciones.

Un tercer grupo comprende todos los que se originan directamente como consecuencia de las actividades portuarias, con repercusiones no solamente por la utilización de sus instalaciones sino tambien sobre la explotación propia de los medios de transporte estadías, etc.; forman el conjunto de los gastos de la cadena del transporte a su paso por el puerto.

El precio final será el resultando de la suma del de todos los eslabones de la cadena del transporte, por lo que deben analizarse cada uno de ellos y ver si sus resultados son óptimos o podrian mejorarse; los puertos (el de embarque y el de desembarque) tienen una importancia extraordinaria dentro del conjunto; una mala gestión portuaria puede encarecer enormemente el conjunto del transporte y por tanto el precio final de producto u obligar a cambiar la ruta elegida.

Actuando sobre una determinada instalación u organización, se puede modificar y mejorar el resultado a base de realizar una mayor inversión o de organizar la operación de otra forma, que pueda favorecer a unos, pero que puede ser que a otros les suponga mayores gastos o esfuerzos.

Si la solución elegida requiere una mayor inversión que favorece a alguno de los usuarios es lógico que se impute ese mayor gasto al beneficiario directo y en su momento habra que estudiar las cargas que deben imponersele, que en cualquier caso serán menores que los beneficios que dichos usuarios recibirán.

Por tanto es indispensable conocer cual es la estructura del gasto en el puerto, cuales son sus componentes y como están relacionados entre si y que pasa con cada uno de ellos cuando se varía alguno.

Se habla de gastos generales y no de costos unitarios, porque la planificación general de un puerto es distinta de la de un terminal concreto. En éstos es posible conocer el tráfico y los gastos y por tanto deducir el coste unitario; pero en un puerto en conjunto hay muchos terminales diferentes cada uno con sus intereses y características, así como multitud de actividades que no

ocasionan tráfico de mercancías, pero que hay que tener en cuenta en el momento de dimensionar y cuyos resultados económicos hay que sumar el de las operaciones generales para deducir la bondad de la solución unido a que la variedad de las circunstancias de cada cargamento en cada tráfico hace imposible el estudio general por costos unitarios, debiendo hacerse por gastos totales.

La estructura de los gastos del puerto en la cadena del transporte serían:

$$G_{tp} = G_{fp} + G_{ap}$$

Donde G_{tp} = Gastos totales imputables al puerto

G_{fp} = Gastos de mayor o menor flete por las características del puerto

G_{ap} = Gastos de todas las actividades portuarias ocasionadas por el paso del cargamento por el puerto, incluyendo la estancia y operación del barco y transporte terrestre y los de manipulación y almacenaje, etc. de la mercancía.

Los gastos originados en puerto pueden agruparse como sigue:

A) Del barco en puerto

B) De la operación portuaria de embarque y desembarque

C) Del medio terrestre en puerto

La estructura de estos gastos está formada por dos sumandos básicos:

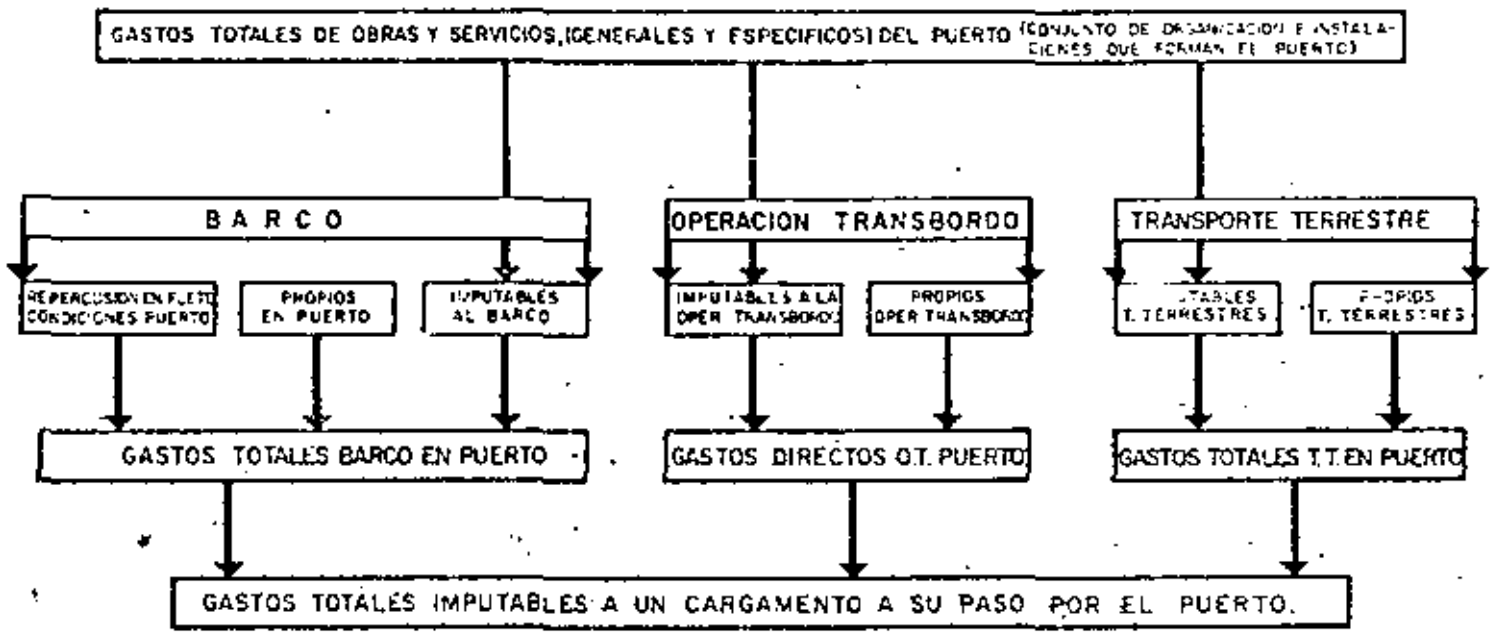
a) Los específicos de cada medio de transporte derivados de su propio funcionamiento

b) Los derivados de la utilización del puerto.

Previamente a cualquier otro estudio, es necesario analizar los gastos derivados del puerto en sí y como deben imputarse cada uno a las diferentes actividades que utilizan los servicios del puerto.

No se entra en el estudio de las tarifas que viene afectado por una serie de factores exteriores -financiación de inversiones, periodos de amortización, beneficios, aspectos políticos y fiscales, etc.- que será objeto de un capítulo especial, y se limita al simple análisis de los diferentes gastos que se originan en el conjunto del puerto en las diferentes soluciones posibles.

ESTRUCTURA DE LOS GASTOS "EN PUERTO"



2.2. COSTOS DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS PORTUARIOS Y SU IMPUTACION A LOS USUARIOS.

La determinación de estos costos es de la mayor importancia ya que han de gravar sobre todas las actividades portuarias y han de ser sostenidos por ellas, debiendo por tanto estar incluidos en las tarifas que se formulen por la prestación de los servicios.

Si bien son importantes no son con muchos los mayores y que, por tanto, no pueden ser el determinante básico económico de la elección de la solución, sino que serán uno más de los factores a tener en cuenta, pero nunca el exclusivo ni el decisivo.

2.2.1. Clasificación y características de las instalaciones y servicios

2.2.1.1. Introducción

Por la complejidad del mundo portuario, es difícil poder concretar claramente las diferentes atribuciones y servicios de las obras, etc., pero puede simplificarse el problema partiendo de algunas premisas.

Las bases son:

a) Los usuarios fundamentales del puerto son la mercancía, el barco y los transportes interiores, y por tanto, ellos son los que marcan las necesidades y para los que se construyen las obras e instalaciones y los que deberán pagarlas y sostenerlos

b) Dentro del conjunto portuario hay que distinguir dos tipos de actividad.

1.- Obras e Instalaciones

2.- Servicios

c) Tanto las obras e instalaciones como los servicios pueden agruparse en dos conjuntos de acuerdo con el servicio que prestan.

c_1) Comunes. Que sirven a la totalidad de la actividad portuaria en general sin distinción de clase.

c_2) Específicos. Al servicio de un tráfico o actividad específica.

Los primeros deben ser mantenidos por todas las actividades portuarias y los segundos solamente por los que se sirven de ellas

Las instalaciones y servicios específicos deberán contribuir además al mantenimiento de los servicios generales del puerto (con independencia de su carácter particular o público) en forma de tarifa, canon, etc., integrándose su importe en el pago

d) Como es natural, al hablar de obras y servicios comunes, se habla en términos generales, ya que un dique de abrigo que sirve a todos los barcos, no sirve al transporte terrestre, o viceversa, una carretera a los barcos, etc.

2.2.1.2. Obras e Instalaciones

A) Siguiendo el camino de mar a tierra y enumerando las diferentes obras e instalaciones que se encuentran, podemos agruparlas como sigue:

A_1) Obras e Instalaciones Comunes O.I.C.

a) Obras Marítimas Exteriores

1) Balizamiento
2) Accesos
3) Diques de abrigo

b) Obras Marítimas Interiores

1) Fondeaderos
2) Exclusas Generales
3) Canales de acceso interiores generales

c) Accesos terrestres

1) Ferrocarril
2) Carretera
3) Canal

d) Instalaciones

1) Agua y Saneamiento
2) Alumbrado y Energía
3) Comunicaciones
4) Edificios generales
5) Varios (cierres, jardinería, etc.)

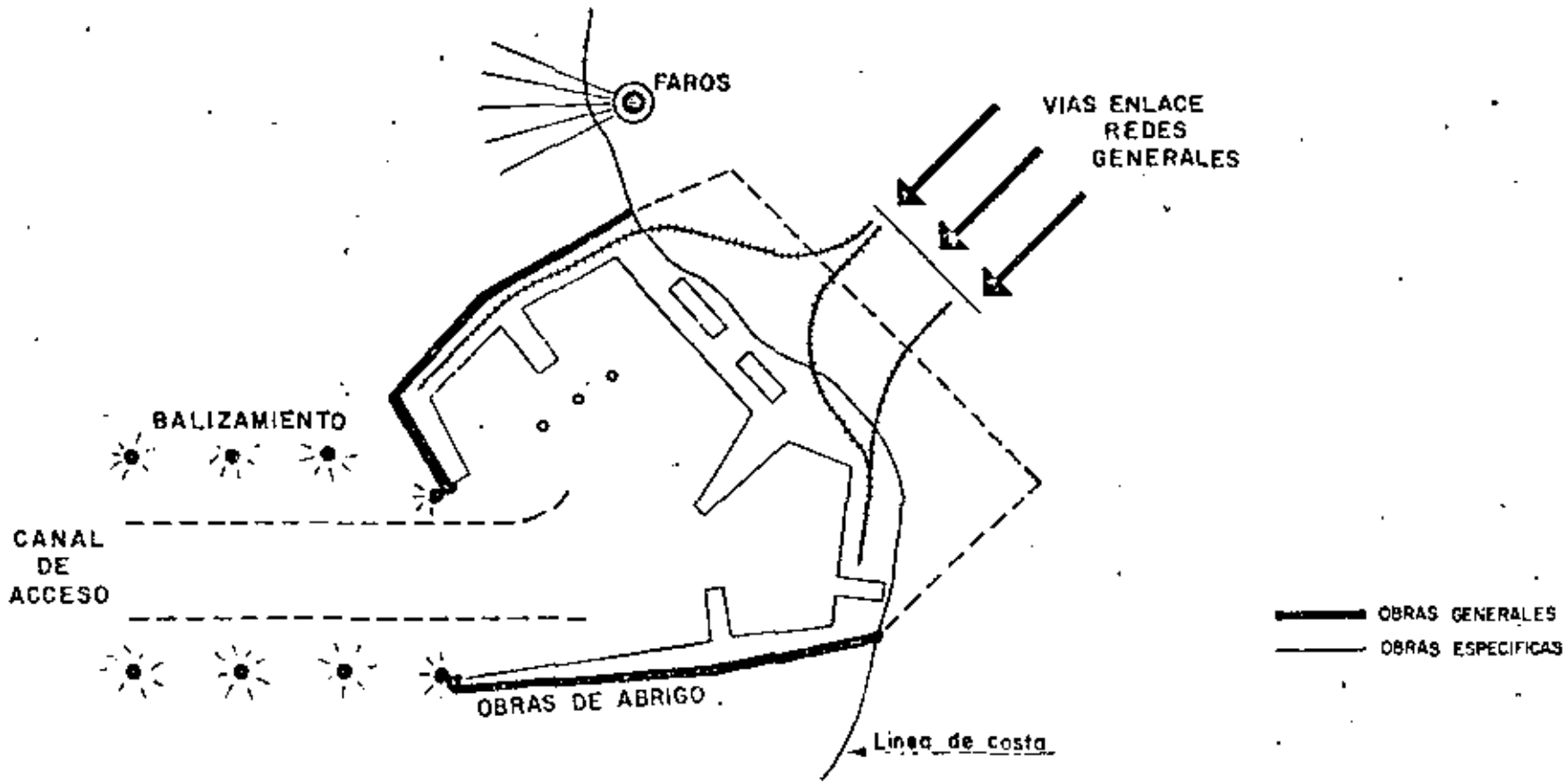
En todas estas obras e instalaciones , se sobreentienden las generales que sirven al conjunto.

A_2) Obras e Instalaciones Específicas O.I.E.

a) Obras Marítimas Exteriores

1) Boyas y amarraderos fijos

ESQUEMA BASICO DE LAS OBRAS GENERALES Y ESPECIFICAS



b) Obras Marítimas Interiores

1) Muelles y atracaderos

2) Accesos y esclusas propios

3) Diques de carena

4) Instalaciones varias

c) Obras e Instalaciones terrestres de operaciones+

1) Superficies

2) Almacenes y Tinglados

3) Almacenes especiales (silos, frigoríficos, etc.)

4) Enlaces terrestres de zonas específicas

d) Equipos y utillajes

1) Grúas pórtico

2) Instalaciones especiales

3) Utillaje flotante

4) Utillaje móvil

5) Utillaje vario

e) Varios

1) Edificios portuarios

2) Talleres, parques, etc.

3) Varios

B) Se pueden atribuir las obras e instalaciones comunes como sigue:

Los grupos a y b al barco; los c al transporte interior y las comprendidas en el d a todos en conjunto.

De las específicas, los grupos a y b corresponden al barco, el c y d a la operación portuaria y el e a todos en general.

2.2.1.3. Servicios

De la misma forma que las obras e instalaciones, deben estudiarse los servicios portuarios.

A) Su clasificación podemos hacerla del siguiente modo:

A_1) Servicios Generales Comunes

a) de Dirección y Organización S.G.
D.O.

1) Dirección

2) Planificación

3) Proyectos y Construcción
4) Conservación O. Generales
5) Explotación y Organización
6) Concesiones
7) Vigilancia
8) Varios
9) Administración
10) Financiación

b) Control y Fiscalización C.O.
C.F.

1) Navegación
2) Sanidad
3) Aduana
4) Comercio
5) Policía
6) Consulares
7) Trabajo
8) Turismos
9) Varios

A_2) Servicios específicos

Se refieren, como hemos dicho, a una actividad que realiza un fin determinado.

a) Servicios al barco S.E:
B.

1) Representación
2) Practicajes
3) Remolcadores
4) Amarradores
5) Abastecimiento
6) Conservación y reparación
7) Varios

b) Servicios a la mercancía C.E.
M.

1) Representación
2) Utillajes, carga y descarga

3) Utillajes varios

4) Equipos laborales

5) Guardería, etc.

6) Reconocimientos

7) Varios

c) Servicios al transporte S.E.T

1) Representación

2) Equipos laborales de carga y descarga

3) Utillajes menores

4) Pesaje

5) Reconocimientos, etc.

6) Varios

d) Servicios varios S.E.V.

1) Comunicaciones

2) Seguros

3) Bancos

4) Mercantiles

5) Varios

2.2.1.4. Las personas o representantes suyos que tienen la responsabilidad respectiva son:

	Concepto	Propiedad	Representante
1)	Obras e Instalaciones generales	Autoridad Portuaria	Jefe Autoridad
2)	Obras e Instalaciones específicas	Autoridad Portuaria o Propietario privado	Jefe Autoridad o Representante propietario
3)	Servicios generales o específicos	Autoridad Portuaria, organismo o propietario	Jefe o Representante
4)	Barco	Armador	Consignatario del barco
5)	T. Terrestre	Transportista	Representante transportistas
6)	Mercancía	Dueño	Representante mercancía

Los organismos o usuarios antes citados son los que exigirán el cobro o deberán pagar respectivamente los servicios prestados.

2.2.2. Valoración y gastos de las Instalaciones y Servicios

En el cálculo del costo final, se supone realizado completamente el plan general del puerto previsto, ya que durante su ejecución, las obras e instalaciones no estarán en plena rentabilidad y por tanto pueden producirse déficits circunstanciales que habrán sido previstos en el plan financiero, salvo en el caso en el que el costo se realiza a fondo perdido.

2.2.2.1. Criterios de valoración

A) Obras e Instalaciones

Este es uno de los puntos que se prestan a mayor discusión dentro de la política de los puertos, ya que según sean las directrices que presidan esta valoración los resultados influirán decisivamente en la vida económica de los puertos.

El problema tiene dos aspectos diferentes:

a) Puerto de nueva construcción

b) Modificaciones en un puerto existente.

En el primer caso, la valoración de la inversión, puede calcularse más o menos exactamente; en cambio en el segundo, pueden presentarse dudas sobre el valor residual de las obras existentes; vida futura, valor actualizado, etc.

Si las obras son nuevas, este costo es el de primer establecimiento, aumentándolos en los gastos generales de proyecto, ejecución, financiación, etc.

Si se trata de un puerto existente, el problema es determinar su valor actual; en los puertos españoles se ha adoptado el siguiente criterio:

1) Valor actual V_n de una obra equivalente y de análogo coeficiente de seguridad.

2) Valor Residual V_R

3) Vida transcurrida V_p

4) Estimación de la vida futura V_F

El valor de la obra o instalación será:

$$V = (V_n - V_R) \frac{V_F}{V_F + V_p} + V_R$$

B) Servicios

b_1) Los servicios generales comunes gravan a la actividad portuaria de dos maneras diferentes; los de dirección se incluirán dentro de los gastos generales del puerto que deben ser pagados por el conjunto de usuarios o beneficiarios de su actuación; en cambio los de control y fiscalización gravan cada faceta de la actividad portuaria de acuerdo con las disposiciones generales de la nación que regulan el importe de cada actuación de la autoridad respectiva.

b_2) Los servicios específicos gravan a cada operación, repercutirán directa y concretamente sobre ella solamente, sin que por lo tanto deba hacerse una distribución sobre terceros.

2.2.2.2. Imputación de los costos

Calculando el costo de cada una de las obras e instalaciones que constituyen la estructura del puerto es necesario estudiar la forma de distribución del costo de las obras generales sobre cada uno de los usuarios que se benefician de su acción.

A) Los servicios específicos se realizan a petición de un interesado que solicita su intervención; no hay duda que dichos servicios deben ser sostenidos por los directamente beneficiados.

El costo del servicio (con independencia de criterios ajenos al del simple análisis del costo), será el de su sostenimiento más los beneficios, reservas, etc., que como actividad lucrativa debe tener.

Resultará un gasto C_{SE} que formará parte de la suma total

B) Las obras e instalaciones específicas deben ser consideradas con una filosofía semejante a los del grupo anterior, es decir que su construcción y puesta en servicio cuesta una suma que en resumen representará una cantidad anual (contando amortizaciones, intereses, conservación, etc.) que, unido a los gastos del personal directamente encargado de su explotación, de los materiales necesarios y cualquier otro gasto y los beneficios de su actividad, deberán ser pagados por los usuarios de sus servicios. Cada una de estas instalaciones tendrá un costo anual y un costo por unidad de servicio (que dependerá de la intensidad de utilización, etc.) que será otro de los sumandos que intervendrán en el costo final de las operaciones que se hagan en puerto.

C) Los servicios generales comunes son de dos clases diferentes:

C_1) Los que hemos llamado de Control y Fiscalización cargarán sobre los usuarios formando otro de los sumandos del costo total; otros entran en el precio total del producto, aunque no dentro del transporte del mismo (Aduanas, etc.).

c_2) Los de dirección y organización están dedicados integramente a la actividad portuaria y por tanto deben ser atribuidos a todas las operaciones y actividades portuarias que se desarrollen.

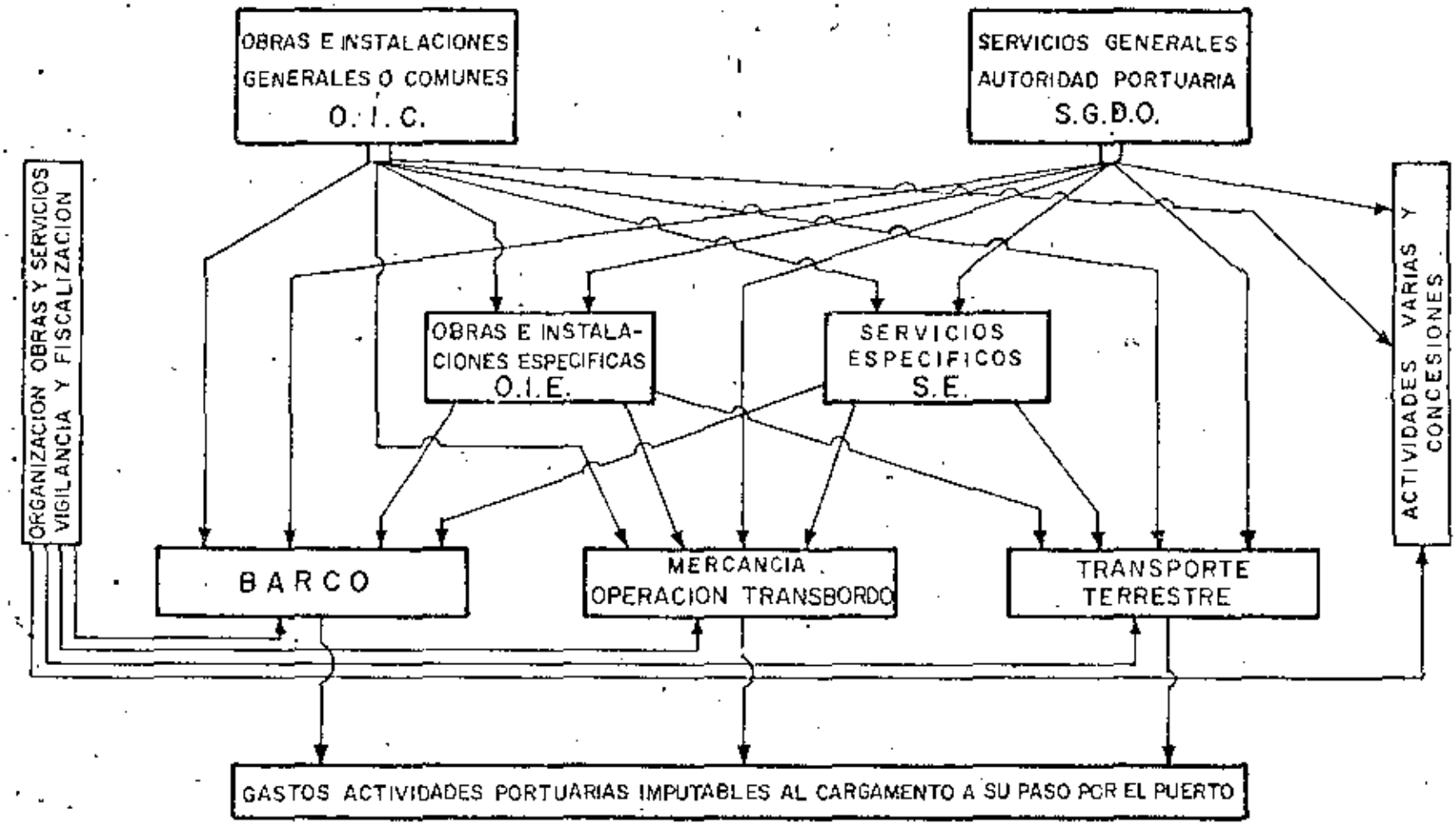
D) Las obras e instalaciones generales tienen el mismo carácter que las del grupo anterior, aunque, no son imputables en conjunto todas ellas a toda la actividad que se desarrolla en el puerto, sin que, salvo unos cuantos generales (agua, energía, alumbrado,etc.) que son comunes a todos,los demás grupos son imputables a determinadas actividades.

No hay duda que las obras generales contribuyen al conjunto del puerto, ya que sin su existencia la actividad se desarrollaría en condiciones precarias o incluso no podría existir, por lo que se debe atribuir su costo al conjunto de las actividades y usuarios portuarios, aunque en cada caso sea distinto el porcentaje que les corresponde a cada uno.

El costo total de estas obras e instalaciones generales (que será el de primer establecimiento más el de mantenimiento y explotación de algunas de ellas),gravará al conjunto de usuarios y actividades del puerto y entrará a formar parte de los servicio generales en los gastos generales que deberán imputarse en toda las actividades portuarias.

E) Fijado el criterio anterior, los costos que podríamos llamar primarios o básicos de las actividades portuarias tendrán la siguiente estructura :

Concepto	Costo	Repercusión (beneficiarios)
1) Obras e Instalaciones Comunes O.I.C.	Establecimiento + Financiación + Conservación + Explotación + Varios.	Mercancia + T.Marítimo + T. Terrestre + Obras e Instalaciones específicas + Actividades portuarias varias y Concesiones.
2) Servicios Generales de Dirección S.S.$_{D.O.}$	Gastos anuales + Gastos Generales varios	Usuarios + Todas las obras e instalaciones específicas + Todos los servicios y actividades portuarias y Concesiones.
3) Servicios Generales de Vigilancia y Fiscalización S.G.$_{C.F}$	Tasas, tarifas o aranceles.	Usuarios, instalaciones, servicios o actividades que controlan o autorizan.


OBRAS E INSTALACIONES GENERALES O COMUNES
O. I. C.
SERVICIOS GENERALES AUTORIDAD PORTUARIA
S.G.D.O.
ORGANIZACION OBRAS Y SERVICIOS VIGILANCIA Y FISCALIZACION
OBRAS E INSTALACIONES ESPECIFICAS
O.I.E.
SERVICIOS ESPECIFICOS
S.E.
ACTIVIDADES VARIAS Y CONCESIONES
BARCO
MERCANCIA OPERACION TRANSBORDO
TRANSPORTE TERRESTRE
GASTOS ACTIVIDADES PORTUARIAS IMPUTABLES AL CARGAMENTO A SU PASO POR EL PUERTO

4) Obras e Instalaciones Específicas $O.I._E.$	Establecimiento, Conservación y Funcionamiento + Gastos de Concesión, fiscales, etc. y beneficios	Usuario o Actividad que requiere sus servicios
5) Servicios Específicos $S._E.$	Gastos de funcionamiento + materiales o equipos + gastos de autorización, concesión, fiscales y beneficios.	Usuarios o Actividades que requieren sus servicios

En el esquema anterior, los conceptos 1 y 2 repercuten, tanto directamente sobre el usuario como indirectamente a través de los conceptos 4 y 5. Estos últimos repercuten directamente sobre el usuario.

Hay que advertir que hablamos de costos y gastos y no de tarifas, y que tampoco se entra en los porcentajes en los que debe participar cada uno, cuestiones íntimamente unidas las dos.

2.3. GASTOS DE BARCO

Por la estructura de la empresa naviera son los más difíciles de calcular, ya que influyen una serie de factores ajenos al puerto que hacen que muchas veces los gastos no reflejen las verdaderas cifras de lo que debe imputarse al puerto.

Los gastos totales del transporte marítimo están formados por una serie de sumandos debidos al barco, utilización de los puertos, generales de la empresa, etc. de los que una parte se producirán por su entrada y estancia en puerto durante las operaciones y otra en los viajes o períodos de inactividad, etc.

A los portuarios lo que les interesa es conocer los gastos que le supone al barco la utilización de sus instalaciones y la influencia de la rapidez de las operaciones en puerto para saber hasta que punto un aumento de inversión en el puerto se traduce en una economía de los gastos del transporte marítimo y, por tanto, en una economía al conjunto del transporte.

Es básico conocer la estructura y composición de los gastos totales del barco y deducir los que podemos llamar gastos en puerto (que como es sabido no son los gastos "del puerto" sino la totalidad de los que se producen "en el puerto", aunque sean por motivos ajenos al puerto propiamente dicho).

Para claridad de nuestro análisis hacemos los dos grupos siguientes:

a) Gastos propios del barco .

b) Gastos del barco en puerto

Los primeros nos darán el importe de la tasa diaria del barco, que cualquiera que sea su situación -en puerto o navegando, cargado o vacío, etc.- gravará al barco. Dentro de ellos y para simplificación, incluiremos los gastos generales y varios de empresa, aunque algunos de ellos pertenezcan en realidad al segundo grupo.

Los segundos son los que se originan desde que el barco entre en las aguas del puerto y están constituidos por una serie de gastos de muy diferente índole y causas -de uso de instalaciones portuarias, de servicios auxiliares, de abastecimientos y reparaciones,- de operaciones de tráfico, etc.- que en conjunto forman lo que se llama gastos "en puerto", aunque algunos se deban al "uso del puerto" propiamente dicho y otros a la "explotación propia" del barco.

2.3.1. Gastos propios del barco

Por la magnitud del precio del barco y los cuantiosos gastos de su explotación, su repercusión sobre el total de la cadena del transporte es muy importante y dentro del conjunto de los gastos de la actividad portuaria -donde se incluyen los derivados de la estancia del barco en puerto- decisiva.

Por la gran variedad de tipos y tamaños de barcos, así como de tráficos, es difícil deducir cifras generales de costos, pero en aras de la simplificación es preferible exponer los factores básicos en la formación de estos costos, así como los valores medios de los tipos de barcos mas comunes.

Los factores que intervienen en el cálculo del coste diario del barco podemos agruparlos como sigue:

a) Adquisición

b) Tipos de explotación

c) Operaciones

d) Varios

El costo anual del barco de los gastos propios podriamos fijarlo en una expresión parecida a

$$C_A = C_{Ad} + C_{FE} + C_{VE} + C_{VA}$$

2.3.1.1. Adquisición del barco C_A.

Incluye fundamentalmente el precio del astillero, y las formas de financiación.

a) Precio de Construcción

Corresponde al pago del barco al astillero, dispuesto a navegar; como hemos dicho las cifras son muy variables dependiendo de va-

rios factores; como cifras medias a finales de 1973 podemos aceptar las siguientes (véase Chipping Statistics and Economics).

Mercancía general	10.000 TPM	20 ó 25.000 ptas/TPM
"	10.000 "	13 ó 22.000 "
Portacontainers	25.000 "	100.000 "
"	25.000 "	30.000 "
Bulk carriers	50.000 "	13.000 "
"	50/150.000 "	15.000 "
O.B.O.	50/150.000 "	12.000 "
"	150.000 "	10.800 "
Petróleos	50.000 "	12.000 "
"	50/150.000 "	12.000 "
"	150.000 "	10.800 "

El precio del barco aumenta cuando el tonelaje es menor pudiendo aceptar como cifras medias

Bulkcarries	10/30.000 TPM	20.000 ptas/TPM
Tanques	10/20.000 "	25/30.000 "
Containers	10.000 "	30/40.000 "

b) Financiación

Corresponde a la forma de pago (plazo e interés) del precio fijado, préstamos logrados e interés fijado al mismo.

Los plazos de abono de los astilleros son muy variables llegando en casos extremos a hacerlos coincidentes con los de amortización del barco. El interés suele fijarse entre el 5% y el 10% anual dependiendo no solo del mercado de capitales, sino tambien de la politica maritima e industrial de las diferentes naciones.

c) Amortización del capital

Se refiere a la recuperación del dinero invertido se suelen fijar entre 10 y 15 años, aunque en barcos menores puede llegar hasta 20 años, pero no debe usarse más plazo ya que una flota de más de 15 años suele considerarse obsoleta y no competitiva.

Plazos más cortos suponen fuertes amortizaciones aunque con valores residuales del barco relativamente altos y viceversa; por otra parte la partida de conservación aumenta considerablemente con la edad y lo mismo sucede con los seguros.

d) Resumen de costos de adquisición

Es difícil dar cifras medias, con interés del 7% y plazos de amortización de 15 años, sale alrededor del 12,5% anual del precio del barco bajando al 10/11% con plazos de 20 años.

2.3.1.2. Fijos de explotación

Incluyen todos los necesarios para que el barco pueda navegar o sea que gravarán el barco tanto navegue como esté parado por cualquier causa.

a) Personal

Varía, no solo según el tipo de buque, sino por otras causas tales como diferente nivel de salarios entre naciones, reglamentaciónes laborales, impuestos, etc.

La tendencia es hacia la automatización del barco y disminución de la tripulación; en Europa se calcula que en los petroleros sale una cifra media de 8.000 dólares por tripulante, o sea, de 16 millones de pesetas anuales. En el conjunto de los barcos en España se puede estimar el costo de unas 400/500.000 ptas. anuales por tripulante incluida su manutención

b) Pertrechos

Se incluyen los suministros necesarios para la limpieza y mantenimiento, así como víveres y otro material resultando una cifra muy variable, que algunos autores valoran entre el 40 y el 60% del costo del personal.

c) Reparación

Este es uno de los capítulos más difíciles de calcular y en el que los mismos especialistas no se ponen de acuerdo sobre los conceptos que deben incluirse dentro de él o corresponde cubrir a los seguros.

Hay fórmulas variables con los tipos de barco pudiendo tomar las cifras del 1,5 al 2% anual de la inversión realizada.

d) Seguros

Es un capítulo muy importante del total de gastos de explotación siendo muy variables. Como cifras aproximadas se pueden tomar entre el 1,5 y el 2,5% de la inversión, disminuyendo con el aumento del tamaño del barco.

e) Gastos generales

Se incluyen en este epígrafe todos los derivados de la Administración de la Empresa, oficinas, etc., así como los impuestos,

controles oficiales, etc. y en general todos los que de una manera concreta se deriven de la explotación del negocio. La cifra es muy variable de unos casos a otros dependiendo del tamaño y característica de la empresa, etc. Como cifra estimativa, se puede tener alrededor del 1% de la inversión.

f) Conjunto de costes fijos de explotación

El total de gastos de estos epígrafes podemos simplificarlos (calculando una tripulación media de 25 ó 30 hombres, salvo en los barcos más pequeños) y fijarlos en

$$C_{FE} = C_{pers.} + C_{pert.} + C_{rep.} + C_{seg.} + C_{gg.}$$

$$12 \times 10^6 + 6 \times 10^6 + 2\%I + 2\%I + 1\%I = 18 \times 10^6 + 5\%I \text{ ptas/año}$$

2.3.1.3. Gastos variables de funcionamiento

Integran los que se originan por el funcionaminto del barco, esté navegando o parado; entre otros podemos citar los combustibles, seguros especiales de navegación, primas a las tripulaciones, etc.

Los derivados de los combustibles o carburantes dependen de las potencias de motores y consumos y tipos de combustibles; para los motores diesel los datos medios son los siguientes:

Graneleros	(5.500 + 0,17 t)	BHP
Mineraleros	(2.500 + 0,18 t)	"
O.B.O.	(11.500 + 0,11 t)	"
Petroleros	(9.500 + 0,11 t)	"

con consumos de 180 gramos /BHP/Hora y precios de 5,00 ptas/kilo en fecha actual.

Al entrar el barco en puerto y atracar, el barco puede parar sus motores si se trata de un diesel, quedando solo en funcionamiento los auxiliares de servicios, o reducir presión de calderas si usan turbinas.

En el primer caso, los costes son mínimos ya que la potencia en servicio es muy reducida por lo que puede suponer un porcentaje de un 10% del consumo en navegación; en el segundo caso, el consumo es algo mayor pudiendo calcularse en un 25%.

2.3.1.4. Otros gastos

Incluye una serie de gastos variados que pueden originarse; el más importante es eldel beneficio de explotación del barco (con independencia de los del transporte, casos del time-charter, etc.) y otros pueden ser los de los seguros de cambio, cláusulas especiales, etc.

El beneficio fijado es muy variable pudiendo aceptarse el 10% de los costes anuales.

2.3.1.5. Resumen de gastos

Los costes totales podemos agruparlos en dos tipos: los globales anuales que representan una cantidad fija y los diarios de funcionamiento. Los primeros se dividen por 365 (o por 330 días según algunos armadores para tener en cuenta los periodos de reparación) y tendremos el costo/día. Los importes serán:

A) $1{,}1 \quad \frac{18 \times 10^6 + 17\%I}{365} + 21{,}6 \times BH_p$ ptas/día (navegando)

B) $1{,}1 \quad \frac{18 \times 10^6 + 17\%I}{} + 0{,}1\ (21{,}6 \times BH_p)$ ptas/día (en puerto)

La tasa diaria del barco en puerto es la que hay que tener en cuenta en el cálculo de estadías.

Como datos de la tasa diaria de alguno de los tipos de barcos más utilizados están:

Granelero de 50.000 TPM =	360.000 ptas/día
Graneleros de 50/15.000 TPM =	750.000 ptas/día
O.B.O. de 150.000 TPM =	1.250.000 ptas/día
Petrolero de 50.000/150.000 TPM =	720.000 ptas/día
Petrolero de 150.000/250.000 TPM =	1.525.000 ptas/día
Mercancía General 10.000 TPM =	135.000 ptas/día
Mercancía General 10.000/15.000 TPM =	215.000 ptas/día
Porta containers de 25.000 TPM =	1.100.000 ptas/día
Porta containers 10.000 TPM =	620.000 ptas/día

2.3.2. Gastos del barco al entrar en puerto

2.3.2.1. Criterios de clasificación

Independientemente de los gastos anteriores, existen los que se producen cada vez que un barco entra en un puerto por utilización de sus obras y servicios.

Se separan los referentes al transbordo de la mercancía (estiba y desestiba, etc.) que los incluimos entre los gastos de la operación portuaria aunque formen parte del flete, y los gastos por utilización de obra y servicios generales de los puramente específicos de utilización de determinadas instalaciones o servicios.

Desde que llega a las aguas costeras hasta que para dentro del puerto el barco utiliza los siguientes servicios:

A) Obras e instalaciones generales

1) Balizamiento y Servicio de radionavegación
2) Canales de acceso
3) Diques de abrigo
4) Antepuertos
5) Varios generales, fondeaderos, etc.

Dentro del puerto el barco puede fondear con medios propios o especiales o bien ir a un muelle determinado o instalación especial.

B) Obras e instalaciones específicas

1) Boyas, duques de alba o amarraderos
2) Muelles o atracaderos de operaciones
3) Instalaciones de abastecimiento
4) Astilleros o muelles de reparación.

A su vez necesita una serie de servicios desde su entrada, tanto referente a los servicios generales como a los específicos.

C) Servicios generales

1) De la Autoridad Portuaria
   Autorización y permisos
2) De Vigilancia y Control
   Marina
   Sanidad
   Aduana, etc.

D) Servicios específicos del barco

1) Consignación
2) Practicajes
3) Remolcadores
4) Amarradores
5) Abastecimiento
6) Conservación y reparación
7) VArios

Y finalmente utilizará una serie de servicios generales como cualquier otra actividad comercial o industrial.

E) Servicios específicos varios

1) Comunicaciones

2) Bancos

3) Seguros

4) Mercantiles

5) Varios, etc.

El barco quedará fondeado -sobre boyas o medios propios, etc- o amarrado a un muelle o instalación y recibiendo el servicio que pida.

2.3.2.2. Gastos Generales

Los del grupo a y c_1 son los correspondientes a la Autoridad Porturaria, deben ser pagados en su bloque por el conjunto de usuarios de acuerdo con las tarifas que se fijen y supone un cargo contra el barco por el hecho de utilizar las aguas abrigadas del puerto.

Los servicios comprendidos en el grupo c_2 se pagan por el barco de acuerdo con las normas establecidas y suponen igualmente un gasto, que generalmente se engloban con los puramente portuarios pero que deben diferenciarse para clasificar el gasto real del puerto; no intervienen en la decisión de la elección de solución, ya que siempre gravarán lo mismo al barco con independencia del costo de las obras.

2.3.2.3. Gastos específicos

Se refieren a utilizaciones voluntarias del barco; ya que este puede ir a uno u otro muelle; usar remolcadores o no; abastecimientos o no; etc.

Algunos de ellos están englobados dentro de los gastos de explotación del barco (reparaciones, combustibles, etc.) pero si lo realizan en el puerto estudiado lo pagarán el servicio repercutiendo en los ingresos del puerto que fijará ciertas tarifas por el uso de instalaciones, etc.

Es indiferente que las instalaciones específicas (muelles, etc) sean de la Autoridad Portuaria o particulares; para el estudio es igual, ya que en cualquier caso el barco pagará su utilización al explotador de la instalación y esta a su vez sostendrá los gastos generales de la Autoridad Portuaria comunes a todos.

2.3.3. Gastos totales del barco "en puerto"

De los apartados anteriores podemos deducir los gastos totales que un barco tendrá en puerto, que serán la suma de todos los analizados.

2.3.3.1. Componentes

El resumen de todos ellos podemos agruparlos como sigue en los siguientes apartados:

A) Gastos fijos del barco

Gastos diarios del barco parado

$$G_{DP} = G_{FE} + G_{FP} \qquad \begin{cases} G_{DP} = \text{Días puerto} \\ G_{FE} = \text{Fijos explotac.} \\ G_{FP} = \text{Fijos Puerto} \end{cases}$$

B) Gastos debidos al uso del puerto

b_1) Estancia del barco en puerto

El importe que supone la estancia del barco en puerto, solamente en relación con los gastos propios del barco será:

$$G_{DP} \times N_e$$

siendo G_{DP} la tasa diaria del bardo y N_e los dias de estancia del barco en puerto.

b_2) Utilización de las obras y servicios generales de la Autoridad Portuaria

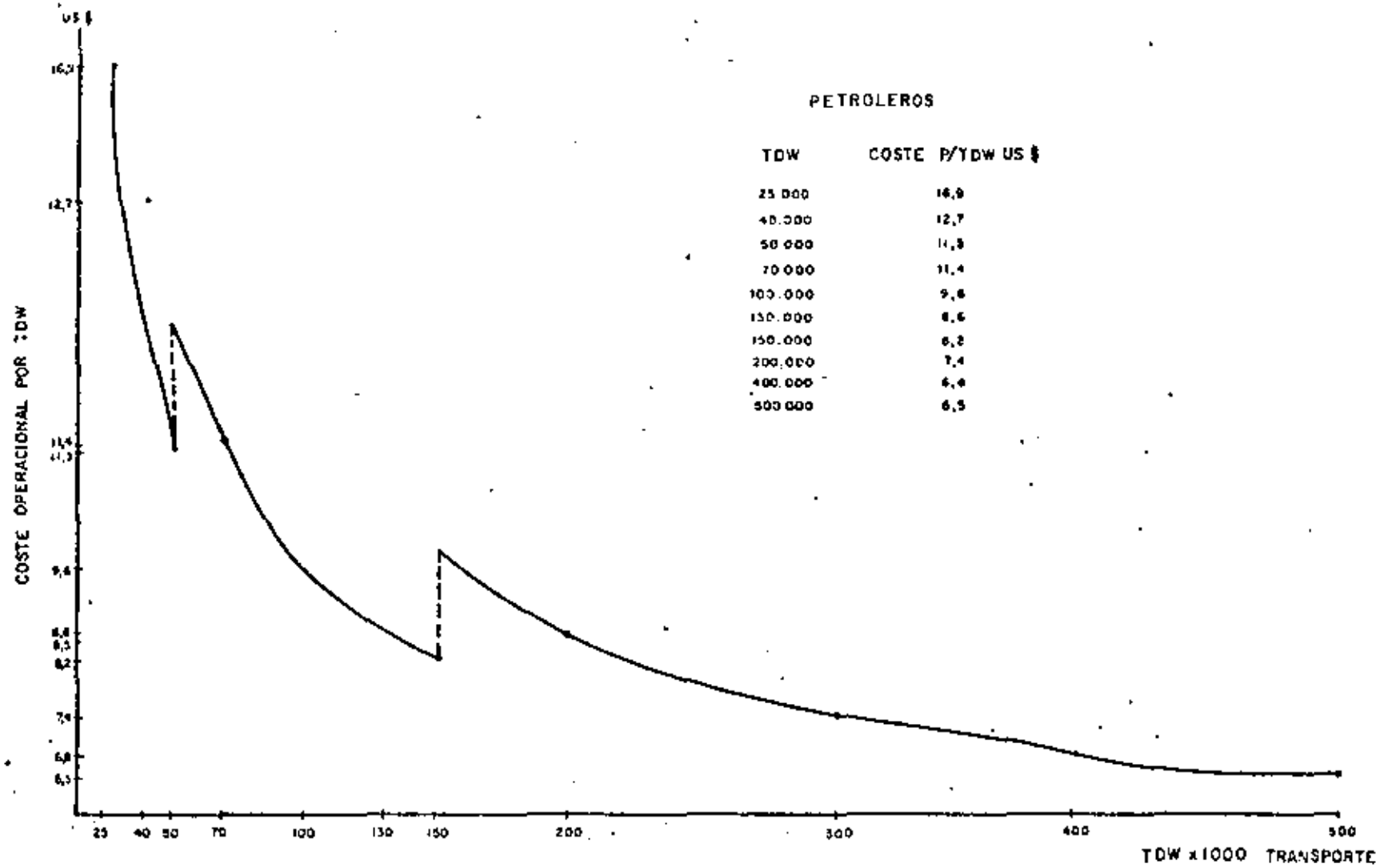
Equivale a una tarifa que la Autoridad Portuaria cobra a los usuarios por dichos servicios; son muy variados y generalmente consisten en una tarifa de acuerdo con el TRB del barco, que engloba el derecho de entrada hasta los fondeaderos y que cubre la parte proporcional de gastos.

Se obtendrá para cada puerto un costo para cada barco G_{PE} = tarifa del puerto.

b_3) Autorizaciones, Servicios oficiales

Al entrar en puerto el barco debe cumplir una serie de requisitos tales como revisiones de Marina, Sanidad, Policía, Aduana, Consulados (si son extranjeros) etc. que en conjunto suponen una cifra G_{SO} de acuerdo con las disposiciones vigentes.

b_4) Utilización de las obras, Instalacion s y Servicios Específicos

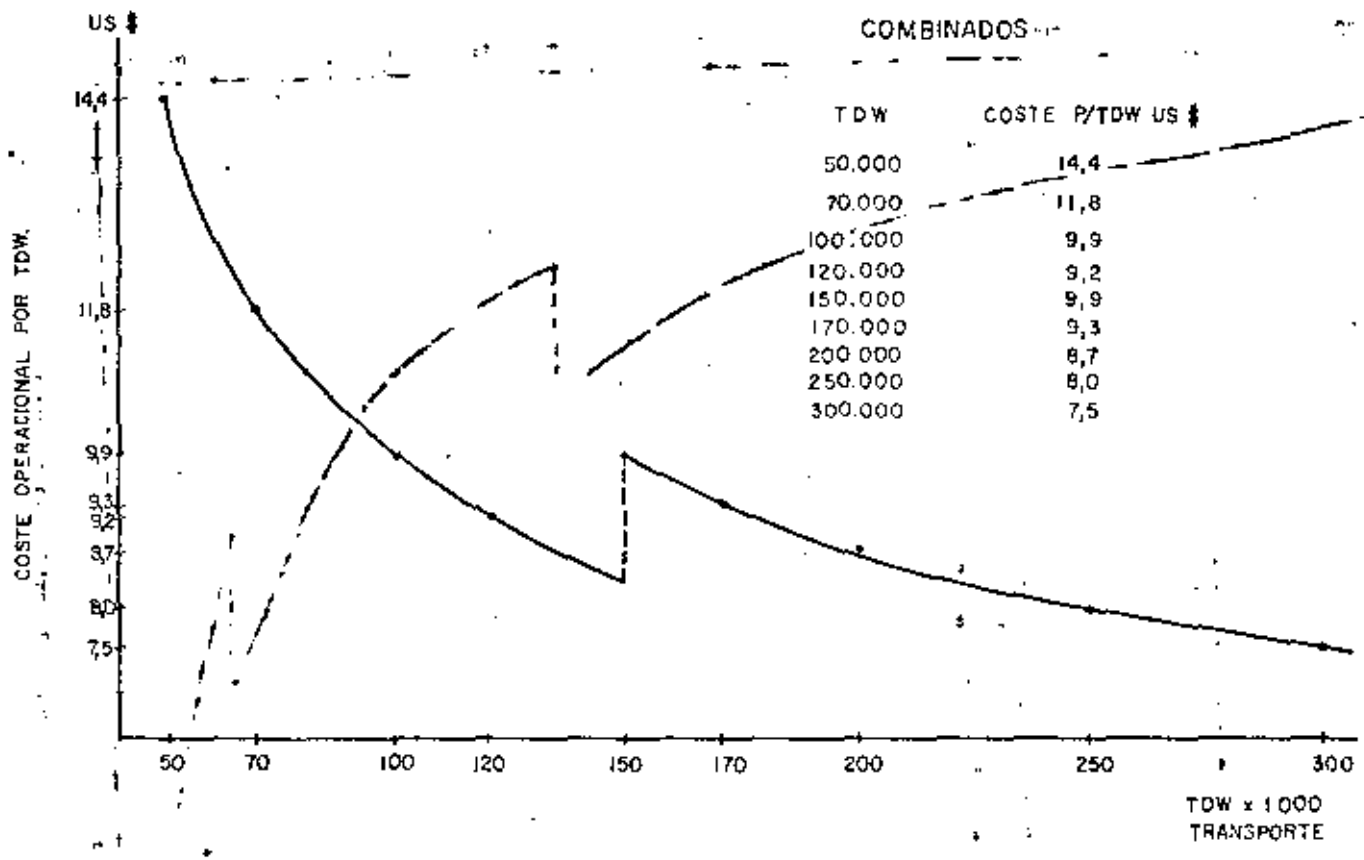


PETROLEROS

TDW	COSTE P/TDW US $
25 000	16,9
40.000	12,7
50 000	11,3
70 000	11,4
100.000	9,6
130.000	8,6
150.000	8,2
200.000	7,4
400.000	6,4
500 000	6,5

SUPUESTO 6 VIAJES AÑO

(FUENTE TRANCON S.A)



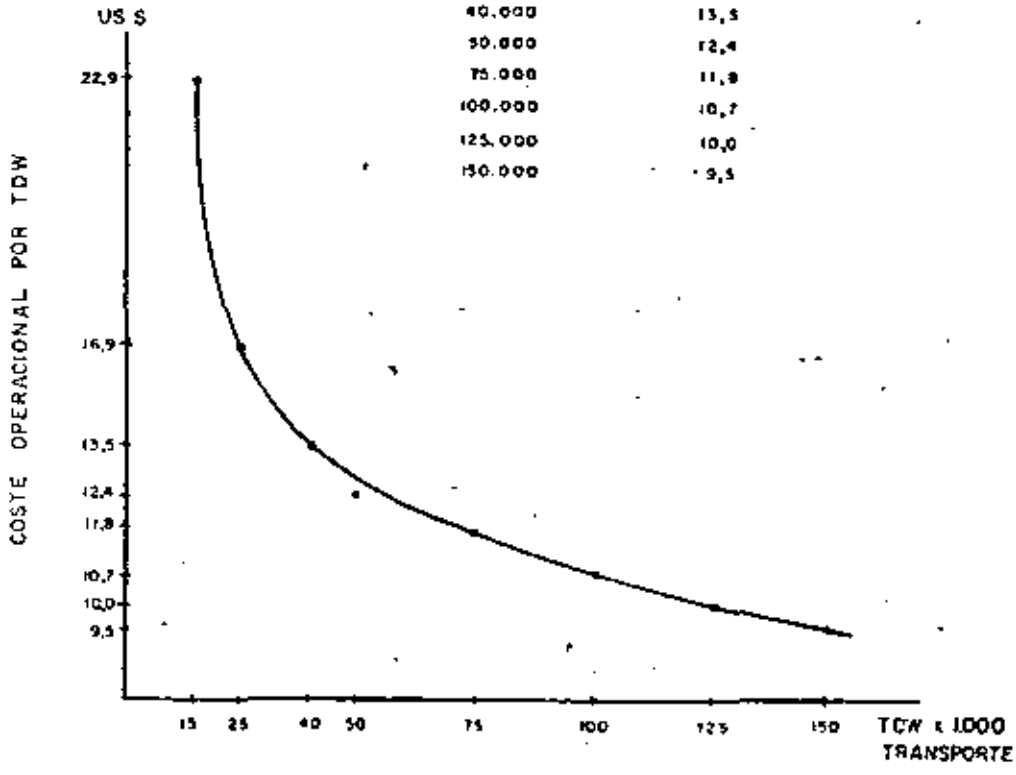
TDW	COSTE P/TDW US $
50.000	14,4
70.000	11,8
100.000	9,9
120.000	9,2
150.000	9,9
170.000	9,3
200.000	8,7
250.000	8,0
300.000	7,5

SUPUESTO 6 VIAJES AÑO

(FUENTE TRANSCON S.A)

GRANELEROS

TDW	COSTE P/TDW US $
15.000	22,9
25.000	16,9
40.000	13,5
50.000	12,4
75.000	11,8
100.000	10,7
125.000	10,0
150.000	9,5



SUPUESTO 6 VIAJES AÑO

(FUENTE TRANSCON S.A.)

$b_{4.1}$) En Maniobra

1. Prácticos : Obligatorio. Se pagan tarifas fijadas de acuerdo con las características del barco.

2. Remolcadores : Voluntario. También tiene tarifas

3. Amarradores : Voluntario: Una cantidad variable

En resumen tendremos dos tipos de gastos:

- Gastos fijos de maniobra = G_{fm} (Prácticos)
- Gastos voluntarios de maniobra = G_{vm} (Remolcadores, etc.)

$b_{4.2}$) En fondeo y atraque

Al amarrar los barcos en boya o atracar en un muelle, deben pagar un tanto que puede calcularse de acuerdo con la eslora, o bien por el TRB.

Se producirá un gasto de ocupación de muelles o atracaderos que será: $G_m = T_m \cdot N \cdot X$

siendo T_m la tarifa de ocupación, N el número de días de estancia y X un coeficiente de características del barco.

b_5) Los gastos de entrada en astilleros, suministros, etc. no los tenemos en cuenta ya que van incluidos en la tasa diaria; en cada puerto, el astillero, instalaciones de abastecimientos, etc. pagarán a la Autoridad Portuaria el canon correspondiente con independencia de su trabajo.

b_6) Tambien pueden considerarse un gasto G_{vp} de gastos generales en puerto, correspondiente a consignación, comunicaciones, varios, etc., con independencia de los gastos generales de la empresa incluidos en la tasa diaria del barco.

3.3.3.2. Expresión del gasto

El total de los gastos de entrada en puerto será:

$$G_{TBP} = G_{DP} \times N_e + G_{gap} + C_{so} + G_{vm} + G_{am} + G_{vp}$$

en la que:

G_{TBP} = Gastos totales en puerto

G_{DP} = Gastos diarios del barco

N_e = Días de estancia en puerto

G_{gap} = Gastos generales autoridad portuaria

G_{so} = Gastos autorizaciones servicios oficiales

G_{fm} = Gastos fijos maniobras

G_{vm} = Gastos variables maniobra

G_{am} = Gastos de atraque a muelles o amarraderos

G_{vp} = Gastos varios en puerto

2.4. GASTOS DE LA OPERACION PORTUARIA

Entendemos por operación portuaria el conjunto de maniobras que se realizan para que la carga que viene en la bodega del barco salga camino de su destino en un transporte terrestre o viceversa, incluyendo la posible estancia en almacenes portuarios.

En los gastos debidos a la operación portuaria incluimos el de todos los elementos que intervienen, es decir: equipos laborales, instalaciones y utillajes, obras y superficies ocupadas, gastos de empresa, etc. y en general cuantos elementos son necesarios para realizar el paso de la mercancía desde un sistema del transporte a otro.

Puede fijarse una serie de factores que intervienen en las operaciones que valorando en cada caso, dará el costo del paso de la mercancía de un medio a otro incluyendo las operaciones intermedias y permite analizar las influencias de unos factores sobre otros (por ejemplo: la rapidez de descarga sobre la estancia del barco, etc.) para deducir el caso más favorable.

2.4.1. Factores determinantes de la operación portuaria

Existen distintos aspectos que puede presentar la operación portuaria y que repercuten directamente sobre su rendimiento y resultados económicos.

a) Tipos de tráfico

1) Mercancía general

2) Graneles sólidos

3) Graneles líquidos

4) Petroleos

5) Tráficos mixtos

6) Varios

b) Características de la operación

1) Mercancías sueltas o agrupadas

2) Cargamentos homogéneos o heterogéneos

3) Importación o exportación

4) Cargamentos parciales o completos

5) Cargas equilibradas o direccionales

6) Varios, etc.

c) Operación realizada

1) Directa entre medios de transporte

2) Por descarga intermedia

3) A través de almacenes o depósitos

4) Por envío directo por conducciones

5) Transbordos

6) Otras formas

d) Por el equipo o instalación

1) Con equipos convencionales

2) Equipos continuos

3) Equipos de operación total o parcial

4) Instalaciones especiales

5) Otros medios

Los componentes de los gastos ocasionados en la operación serán:

- a) De instalaciones y utillajes
- b) De los equipos laborales
- c) Varios

2.4.2. Gastos debidos al uso de las instalaciones y utillajes

Puede suceder que se trate de muelles para toda clase de operaciones o instalaciones especiales que solo se empleen para una determinada clase de mercancías o carga.

2.4.2.1. Uso de obras e instalaciones

Consisten en la infraestructura que permite la conexión de los dos medios de transporte y en las instalaciones para almacenamiento, y las vías terrestres correspondientes al servicio de estas instalaciones.

En su costo deben tenerse encuenta los siguientes sumandos:

a) Costo de construcción de las obras, y dentro de ellas separar los dos grupos:

a_1) Muelles, atracaderos y terraplenes de maniobra.

a_2) Tinglados, almacenes y vías terrestres, así como otros servicios auxiliares.

b) Costo del emplazamiento que representa la aportación de cada instalación a la autoridad portuaria a los gastos generales del puerto (obras y servicios generales).

El costo total tendrá una forma como la siguiente:

$$C_{oi} = C_{cm} + C_o \quad ; \quad C_v = C_a + C_{ia}$$

siendo Coi = costo por muelles y atracaderos, C_v = costo de tinglados y servicios terrestres, C_{cm} = costo anual de construcción de los muelles y terraplenes, C_o = canon anual de la autoridad portuaria; C_a = costo de almacenes o superficies si las usa y Cia = costo de las instalaciones auxiliares que utilice. El gasto por tonelada será C_{oi}/Tm y C_v/Tm; donde T_m es el volumen que se manipule, incluyéndose en C_{oi} y C_v los gastos fiscales, beneficios, etc. de toda índole que se utilicen.

2.4.2.2. Uso de los utillajes e instalaciones especiales

Habrá que tener en cuenta los siguientes factores:

1) Adquisición y montaje; y de acuerdo con él las cifras de amortización e interés correspondientes.
2) Conservación y reparación
3) Energía y materiales de funcionamiento
4) Personal de maniobra (se refiere al equipo de la máquina con independencia del equipo de manipulación).
5) Gastos varios (incluyendo en él el posible canon de funcionamiento para gastos generales), fiscales, etc.

Cada máquina o utillaje supondrá un gasto anual del que se deducirá el correspondiente gasto por operación y el gasto final será la suma de los parciales.

$$G_u = G_{up}$$

en el que G_u = gasto por utillaje de cada operación y G_{up} el gasto de cada equipo parcial que se emplee.

2.4.3. Equipos laborales

El equipo laboral comprende los obreros que tienen a su cargo la manipulación directa de la mercancía; se incluye el que maneja la maquinaria ligera móvil pero generalmente no suele in--

cluirse el personal afecto al utillaje pesado o especial más o menos fijo.

Su número es muy variable según sea el tipo y característica de la operación y existe una tendencia decidida a reducirlo al máximo posible a base de una mecanización intensa, embalajes especiales, transportes a granel, transportes combinados etc.

En cada caso, habrá que formar la "mano" adecuada incluyendo todos los hombres que intervienen desde encargados y apuntadores hasta guardianes, etc. y calcular los gastos y el rendimiento por "mano".

El resultado será un gasto G_{el} = gasto de equipo laboral o mano de obra por tonelada que como es natural englobará todos los salarios, atenciones sociales, etc.

2.4.4. Gastos varios

La operación portuaria lleva consigo unos gastos de tipo empresarial, unido al del pequeño material de manipulación y varios que suele ser suministrado por estas empresas y que se cargan a la operación, suponiendo en conjunto un gasto adicional G_{vop} = ptas, calculando con tarifas establecidas de acuerdo con los gastos de las empresas y los rendimientos que se fijen.

2.4.5. Gastos totales de la operación portuaria

El resumen de los gastos de la operación desde bodega de barco a medio terrestre (sin incluir los gastos del barco o del medio terrestre) serán los siguientes:

$$G_{TOP} = G_{oi} + G_a + G_{ia} + G_u + G_{el} + G_{vol} + G_{so}$$

en la que:

G_{TOP} = Gasto total de la operación portuaria

G_{oi} = Uso de las obras e instalaciones

G_a = Almacenamiento

G_{ia} = Instalaciones auxiliares

G_u = Utillajes

G_{el} = Equipos laborales

G_{vop} = Gastos varios de la operación portuaria

G_{so} = Servicios oficiales

Para calcular el gasto, puede hacerse a base de cargamentos completos, o bien de gastos anuales con el tráfico previsible o

aún mejor, calculándo los gastos anuales de las obras, instalaciones y servicios y por cargamentos el resto de los gastos.

2.5. GASTOS DEL TRANSPORTE TERRESTRE

Igual que en el cálculo del flete intervienen los gastos del barco navegando y en puerto, en el transporte terrestre intervienen por un lado los gastos del vehículo por las vías generales y por otro los que se originan por la entrada, circulación y permanencia en el puerto.

Prescindiendo del oleoducto nos referiremos a la carretera y al ferrocarril.

Suponiendo conocido el valor de la tasa diaria que tiene el vehículo terrestre, el gasto estará compuesto por los siguientes elementos:

G_{dv} = Valor diario del vehículo

G_{vt} = Utilización de vias terrestres

G_{mv} = Gastos movimientos vehículo zona puerto

G_{vv} = Gastos varios transporte tanto

a) En el valor diario del vehículo se incluyen todos los gastos al igual que se hizo en el barco, dando como resultado una cifra anual que equivaldrá a una cantidad diaria.

Esta cifra se aplicará al tiempo que transcurra entre la entrada y salida del vehículo en zona portuaria, de la misma forma que sucede con las estadias del barco.

b) La utilización de las vias terrestres corresponde no solo el gasto de construcción y mantenimiento, sino tambien el canon de aportacion a las obras y servicios generales al igual que vimos en las obras marítimas.

Se calcula la tasa por paso de usuario y dia de utilización de los aparcamientos o haces de vias.

Este gasto será del tipo $G_{vt} = a + b \cdot n$ siendo a la tasa de entrada y b la de permanencia en n días

c) El gasto del movimiento del vehículo en la zona terrestre se refiere fundamentalmente al ferrocarril o a los semirremolques de carretera, que para su traslado a las diferentes zonas del puerto necesita ser remolcado por un elemento motor.

d) Los gastos varios engloban todos los generales que afectan al transporte, así como los beneficios, impuestos, etc., que pueden cifrarse en una cantidad por vehículo o tonelada transportada.

e) El conjunto de los gastos del transporte terrestre tendrá una expresión parecida a la siguiente:

$$G_{TT} = G_{DV} \times Nº\ d + G_{VT} + G_{WV} + G_{VV}$$

en la cual G_{TT} son los gastos totales del transporte terrestre en puerto y las demás tienen el significado que hemos visto anteriormente; Nº d = número de días que el vehículo permanece en puerto.

2.6. GASTOS TOTALES DE LA ACTIVIDAD PORTUARIA AL PASO DE UN CARGAMENTO.

El gasto total que se origina por el paso de un cargamento por el puerto, desde la entrada en el barco por la boca del puerto hasta su salida en el transporte terrestre por las vías generales de comunicación interior, o viceversa, tendrá la forma:

$$G_T = (G_B + G_{OP} + G_{TT})$$

en la que:

G_{TP} = Gasto total

G_B = Gastos del barco en puerto

G_{OP} = Gastos de la operación portuaria

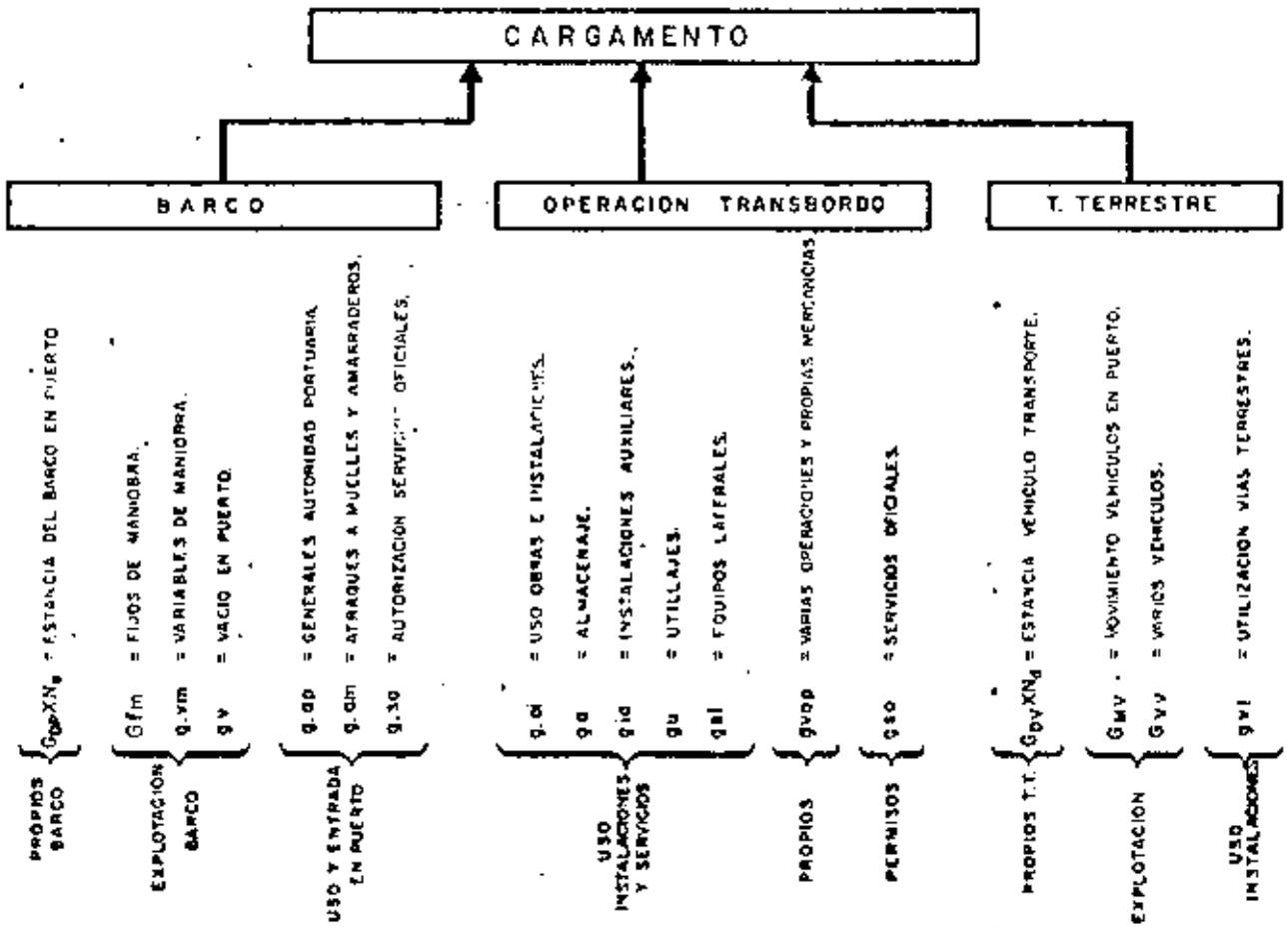
G_{TT} = Gastos del transporte terrestre

La expresión general de los gastos en el puerto, prescindiendo del flete desde el puerto de origen hasta la entrada en el nuestro y el gasto de transporte desde el puerto hasta el punto de destino es la siguiente:

$$G_{TP} = (G_{OP} \times Nº\ d + G_{gp} + G_{so} + G_{fm} + G_{vm} + G_{em} + G_{vp}) + (G_{oi} + G_a + G_{ic} + G_u + G_{cl} + G_{vop}) + (G_{DV} \times Nº\ d + G_{VT} + G_{mv} + G_{vv})$$

teniendo los diferentes símbolos los significados que aparecen en el cuadro siguiente:

EXPRESION GENERAL DE LOS GASTOS EN PUERTO



FASE	Denominación	Origen	Concepto
TRANSPORTE MARITIMO	1) $G_{pb} \times N_e$	Gastos diarios del barco	Tasa diaria del barco; grava sobre los días de estancia del barco en puerto. (engloba abastecimiento, reparaciones, etc.)
	2) G_{gp}	Gastos de la Autoridad Portuaria	Utilización de las obras y servicios generales del puerto. Grava sobre el barco por su entrada, de acuerdo con sus características, independientemente de la operación comercial.
	3) G_{so}	Gastos oficiales de Control y Vigilancia	Autorizaciones de los servicios oficiales por navegación, sanidad, etc.
	4) G_{fm}	Gastos fijos maniobras	Servicios de prácticas, etc, obligatorios en la entrada y salida del barco.
	5) G_{vm}	Gastos variables de maniobra	Servicios pedidos voluntariamente por el barco si los necesita -remolcadores, amarradores, etc.
	6) G_{am}	Atraques a muelles o amarraderos	Utilización de los muelles amarraderos o fondeaderos; se abona al propietario de la instalación y es proporcional a la eslora del barco, a los días de utilización, etc.
	7) G_{vp}	Gastos varios del barco	Engloban los servicios varios, comunicaciones, consignación, etc. que se producen en el puerto.
OPERACION PORTUARIA	8) G_{oi}	Uso de las obras e instalaciones y servicios generales	Comprende la utilización de las obras, y servicios generales del estado por parte de la mercancía; se produce en el momento de sufrir una manipulación en puerto; también engloba la utilización del muelle y superficie de la instalación utilizada.

FASE	Denominación	Origen	Concepto
OPERACION PORTUARIA			
9)	G_a	Almecenaje	Utilización de almacenes o superficies si las utilizan. Será proporcional al tiempo.
10)	G_{ia}	Instalaciones auxiliares	Utilización de las instalaciones auxiliares por la mercancía.
11)	G_u	Utillajes y equipos especiales	Utilización de utillajes para la manipulación de la mercancía y equipos varios excepto las instalaciones especiales comprendidas en conjunto con los muelles.
12)	G_{el}	Mano de obra	Equipos laborales utilizados en la operación; comprende tanto los correspondientes al barco -estiba y desestiba- como los de tierra y los del T. terrestre y los utilizados en operaciones especiales.
13)	G_{vop}	Gastos varios	Incluyen todos los gastos generales de las empresas dedicadas a la operación, así como los de los pequeños materiales, etc.
14)	G_{so}	Servicios especiales	Autorizaciones e Inspecciones de diferentes servicios oficiales a la mercancía durante la operación.
T. TERRESTRE			
15)	G_{ov}	Tasa diaria del vehículo	Corresponde al gasto de los vehículos durante su estancia en puerto, que será proporcional a las estadias.
16)	G_{vt}	Vías terrestres	Utilización de las vías terrestres del puerto; en ellos se incluyen los gastos de la autoridad portuaria por obras y servicios generales.

FASE	Denominación	Origen	Concepto
T. TERRESTRE 17)	G_{mv}	Movimiento del Vehículo	Gastos de mover los vehículos arrastrados por el puerto de una parte a otra.
T. TERRESTRE 18)	G_{vv}	Gastos varios	Gastos generales, fiscales, beneficios de los consignatarios del transporte, etc.

2.7. REPERCUSION DE LOS ELEMENTOS DEL GASTO EN LA SOLUCION. SU INFLUENCIA EN LA PLANIFICACION.

En la planificación del puerto, uno de los pasos decisivos es el de la determinación de la influencia de cada uno de los componentes del gasto y la repercusión de su variación sobre el conjunto total.

El problema es muy complejo, por la cantidad de variables que intervienen y por las mutuas dependencias y relaciones que tienen entre sí; es indispensable ya que cualquier estudio comparativo de soluciones tendrán que basarse en los resultados que ofrezca su aplicación..

Es necesario hacer una ordenación de los distintos factores para darles la importancia relativa que realmente tienen.

Es igualmente necesario establecer previamente las relaciones mutuas que puedan existir entre los distintos factores puesto que una actuación sobre uno de ellos unilateralmente, puede ser causa de unos resultados negativos por la influencia adversa en otras actividades.

El camino lógico a seguir es:

a) Estudio de la prioridad de los componentes

b) Análisis de su actuación propia

c) Influencias mutuas entre ellos

d) Consecuencias y decisiones.

2.7.1. Prioridad de los componentes

La expresión del gasto total del paso de un cargamento a través del puerto puede expresarse como sigue:

$$G_{TM} = G_{fp} + G_p = G_{fp} + G_{op} + G_{ttp} + G_{bp}$$

con los significados de:

G_{TM} = Gastos totales del cargamento

G_{fp} = Gastos del flete debidos al puerto

G_p = Gastos de las actividades portuarias y de los medios de transporte en puerto

G_{bp} = Gastos del barco en puerto

G_{op} = Gastos de la operación portuaria

G_{ttp} = Gastos del transporte terrestre en puerto

Estos gastos son originados por una serie de causas que pueden agruparse como sigue:

a) Gastos en función del barco

b) Gastos en función de las instalaciones portuarias

c) Gastos en función de las operaciones portuarias

d) Gastos en función de transportes terrestres

e) Gastos por actividades de control, etc.

En una primera revisión de la importancia relativa de los gastos los fundamentales son los debidos al barco y a continuación siguen los originados por las instalaciones y operaciones portuarias.

Es fundamental tratar de disminuir al máximo la estadía del barco en puerto evitando toda pérdida de tiempo, sea por espera de muelle o por exceso de tiempo de servicio, etc. dentro de ciertos límites, pues el tratar de suprimir radicalmente demoras exige un gasto creciente muy importante del terminal que superan los beneficios conseguidos.

Uno de los fines de la planificación es encontrar la solución que permita un mínimo entre ambos elementos: el barco y el muelle.

A) Factores debidos al barco

a_1) Tamaño: Es fundamental, ya que el volumen de cargamentos, precio de fletes, etc. están en relación directísima con él

En cada caso habrá un "tamaño optimo" de acuerdo con el tráfico a realizar.

a_2) Estadías: Otro de los factores básicos, ya que el barco es una parte decisiva del costo final y por tanto el tiempo en puerto.

a_3) Gastos propios: Incluidos todos los referentes a su servicio Varían con el tipo de barco y aunque los de maniobra pueden estar influenciados por las condiciones del puerto (necesidad de remolcadores, etc.), podemos prescindir de ellos en el análisis básico que queremos realizar.

B) Factores debidos a las instalaciones portuarias

Incluimos en ellos las infraestructuras o superestructuras que podemos llamar pasivas, es decir, que sirven a la actividad portuaria como soporte de ella; pero que no actúan directamente en su realización.

Su importancia es decisiva, y su actuación es la de ser un componente en el resultado final al variar algunos de los factores.

C) Factores debidos a las operaciones portuarias

Instalaciones de manipulación: Incluyen tanto los utillajes y obras como equipos laborales, etc.

Factor básico, tanto por su importe como por su repercusión en los restantes factores.

D) Factores debidos al transporte terrestre

Puede decirse de ellos algo similar a lo que hemos visto en el barco, aunque su repercusión en el puerto es mucho menor, entre otras causas por sus diferentes características.

d_1) Estadías: Incluyen las pérdidas de tiempo en espera de puntos de carga, etc.

d_2) Operaciones: Los gastos serán similares en las diferentes soluciones y por tanto prescindiremos de ellos.

d_3) Propios: Lo mismo que antes.

E) Factores por actividades varias

En cualquier caso, sus repercusiones serán similares y podemos prescindir de ellos.

Se pueden resumir los factores cuya variación pueden afectar decisivamente a la solución idónea en los siguientes:

1) Dimensiones del barco
2) Estadías del barco
3) Operaciones portuarias del paso de la mercancía
4) Estadías del transporte terrestre
5) Factores especiales
6) Obras e instalaciones

2.7.2. Análisis de su actuación

Se estudia la repercusión de su variación sólo desde el punto de vista de los beneficios y posteriormente el análisis de los incrementos de costes necesario para alcanzarlos.

2.7.2. Dimensiones del barco

Las dimensiones del barco están en relación con el volumen del cargamento que pueden transportar.

El tamaño optimo del barco variará en función de los tráficos y sus características.

El empleo de mayores barcos actua fundamentalmente en dos aspectos:

a) Mejores fletes

b) Mejor aprovechamiento de su capacidad de transporte

A) Beneficios por mejores fletes

En los tráficos de petroleos y graneles, y sobre todo en el transporte de grandes masas a grandes distancias, se consiguen grandes beneficios por el empleo de barcos de más desplazamiento to.

Si un puerto tiene un calado C_A, será posible operar con barcos de un desplazamiento TPM_A; con este desplazamiento y una distancia de viaje de d_A millas el flete será Fl_A. Con un calado mayor B, se operarían con barcos TPD_M y los fletes FL_B, siendo $Fl_A > Fl_B$.

El total transportado por todos los cargamentos será

$$T_M = N_1 \times TPM_A = N_2 \times TPM_B.$$

El beneficio que se conseguiría para el volumen total del tráfico a realizar

$$B_T = \sum (T_M \times Fl_A) - \sum (T_M \times Fl_B)$$

y por tonelada el ahorro sería $\frac{B_T}{T_M}$

B) Mejor aprovechamiento

Las indudables ventajas quepara el transporte a largas distancias ofrece el empleo de grandes barcos, hace que muchas veces se utilicen, aun cargándolos solo con un porcentaje de su capacidad para disminuir su calado y que puedan entrar en un puerto donde no existe el calado deseado.

Para cada barco existe una relación entre el calado y la carga disponible.

Con un calado C_A, se utilizarán barcos de TPM_A (el máximo a plena carga) o bien de TPM_B, mayores pero que solo irán parcialmente cargados, según sea el costo.

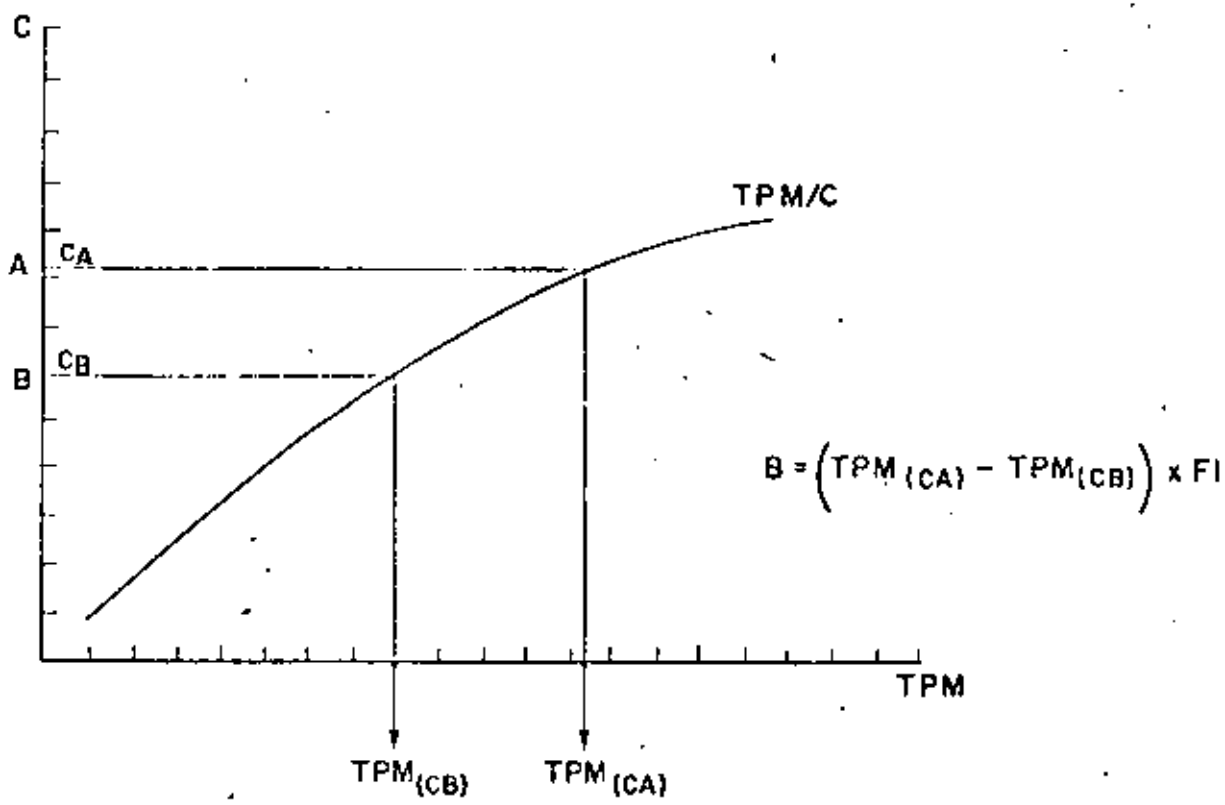
$TPM_A \times Fl_A \geqslant TPM_B \times \alpha \times Fl_B$, siendo α el porcentaje de carga que ha podido utilizar.

Si se mejora el calado hasta C_B los beneficios serían como en el apartado anterior.

$$B_T = \sum (T_M \times Fl_A) - \sum (T_M \times Fl_B)$$

2.7.4. Estadias

De todos los componentes del gasto el fundamental y básico en el originado por los dias de paro del barco, es decir, sin navegar (tanto debido a las operaciones en puerto, que se reflejan



BENEFICIOS POR MEJOR APROVECHAMIENTO

en los gastos totales "en puerto", como por otras causas de inactividad.

Como cifras medias sobre la actividad de un barco se pueden dar las siguientes:

Días navegando	190
Días reparando	30
Días operaciones en puerto	140
	360

Se deduce fácilmente la enorme incidencia que tiene sobre el barco y por tanto sobre el flete las estadias en puerto.

Cualquier mejora que suponga la reducción de las estadias o demoras, repercutirá directísimamente y de forma importante sobre los gastos totales.

Los tiempos en puerto se derivan principalmente de tres conceptos:

a) Por entrada y maniobras

b) Por congestión y falta de atraques

c) Por rapidez de realización de operaciones

2.7.4.1. Facilidades de entrada y maniobras

Incluimos en este apartado, tanto las que se derivan de la existencia de un calado apropiado (no dependiendo por tanto de mareas, etc.) como de medios auxiliares de maniobra (remolcadores, prácticos, etc.), instalaciones (esclusas, etc.) o servicios varios. En cualquier caso, toda mejora que lleve incluida una disminución de tiempos en puerto, logrará un ahorro que puede expresarse de esta forma:

$$\Sigma (N_b (TPM_A) \times A_p \times H_t)$$

siendo en ella

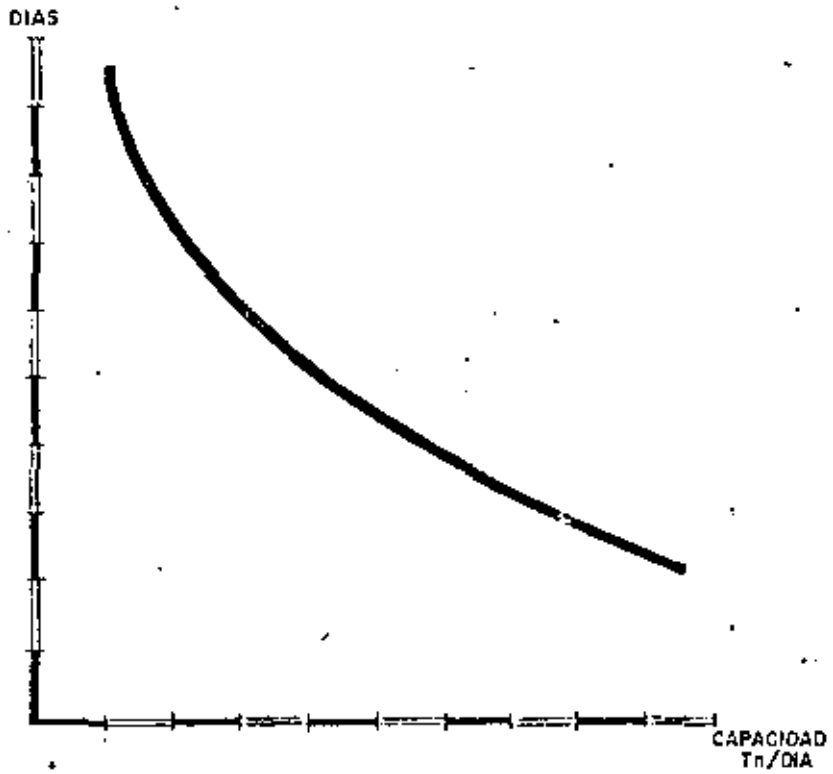
N_b = Número de barcos que se benefician

TPM_A = desplazamiento del barco

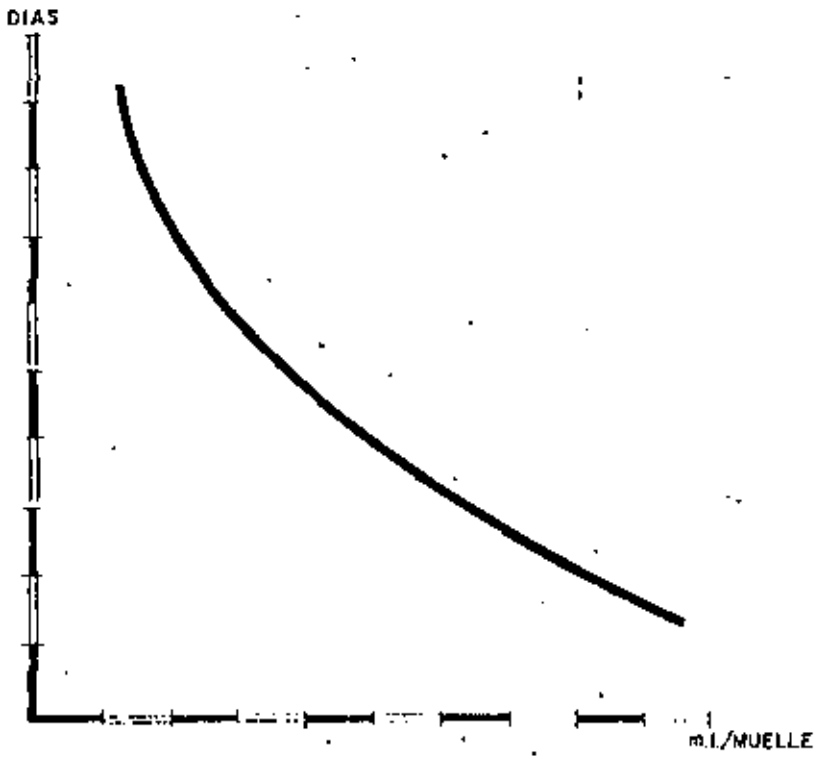
A_p = tasa horaria del barco TPM_A

H_t = horas de ahorro

La existencia de mareas puede ser un factor favorable permitiendo el empleo de barcos mayores a través de la entrada del puerto hasta las zonas de operaciones.



DISMINUCION ESTADIAS CON EL AUMENTO DE CAPACIDAD INSTALACIONES DE DESCARGA..



DISMINUCION DE TIEMPO DE ESPERA POR MAS LONGITUD DE MUELLES.

2.7.4.2. Congestión y falta de atraques

Al no existir suficiente líneas de atraque (con sus instalaciones anejas, es decir, utillajes, almacenamientos, etc.), puede --- producirse una sobreestadia en espera de plaza.

. Si consideramos un barco de TPM desplazamiento, con una tasa horaria A_p y un ahorro de H_t horas, para un número de N barcos que el año tienen demoras, el ahorro total sería del tipo

$$\sum (N \times H_t \times A_p \times (TPM_A)$$

2.7.4.3. Rapidez de las operaciones

Influye doblemente, a que por un lado contribuye a reducir la estancia del barco durante las operaciones y de otro aumenta la capacidad de los muelles disminuyendo los tiempos de espera o no haciendo necesario la construcción de una línea de atraque.

Su repercusión sobre el barco será similar a la del apartado anterior considerando dos sumandos: uno el de reducción de operaciones y otro el de espesor.

2.7.5. Operaciones del paso de la mercancía

Constituye, juntamente con el flete, la parte más importante del total de los gastos producidos en el puerto.

Basta analizar cualquier cuenta de gastos de un cargamento para ver que los correspondientes a estas partidas son los más elevados y muy superiores a los de cualquier otro concepto.

Las mejoras de la operación portuaria repercuten en tres aspectos principalmente:

a) Sobre las estadias del barco

b) Sobre el costo de las operaciones

c) Sobre la seguridad de mercancía y equipos

El punto a) ha sido anteriormente analizado; se hace a continuación la de los otros aspectos.

2.7.5.1. Sobre el costo de las operaciones

La disminución del gasto producido para transbordar un cargamento desde bodegas de barco a almacen en tierra o viceversa, repercute directamente en el resultado total de la operación.

Si se logra un aumento de rendimientos se producirá un ahorro O_{hi}, que sobre un cargamento T_{mi} dará un valor $O_{hi} \times T_{mi}$ y en el conjunto de los cargamentos $\sum O_{hi} \times T_{mi}$.

Habrá que realizar el estudio de los gastos ya que para al--

canzar ciertos rendimientos los costos suben grandemente y no es rentable la operación en sí, aunque a veces tienen repercusiones favorables sobre otros aspectos de las operaciones con un resultado final favorable.

2.7.5.2. Sobre la seguridad de mercancía y equipos

Las mejoras introducidas en los métodos o sistemas de operaciones pueden ocasionar una reducción sensible en las averías por golpes, roturas, etc., así como un aumento en la seguridad del equipo humano a cargo de la operación.

Esto se traduce directamente en un ahorro por disminución de pólizas de seguro, indemnizaciones, etc., que a veces llegan a cifras elevadas.

2.7.6. Estadias del transporte terrestre y velocidad de evacuación

2.7.6.1. Estadias

Sus consecuencias y resultados son similares a los del transporte marítimo.

El ahorro que puede conseguirse en cada tipo de tráfico (carretera, ferrocarril, canal, etc.) sería:

$$\Sigma (N \cdot H_t \cdot A_h)$$

donde N = número de vehículos, H_t = ahorro en horas, A_h = tasa horaria del vehículo.

2.7.6.2. Velocidad de evacuación

El disponer de una capacidad de evacuación grande es muy importante, no solo para evitar estadias, sino tambien para evitar un almacenamiento excesivo.

Si falla la salida de los productos por tierra, puede producir el paro de la actividad portuaria por congestión de las zonas terrestres de operaciones, u obliga a disponer de una capacidad de almacenamiento extraordinaria.

Esto es perjudicial por dos motivos: en primer lugar por la carestía de los almacenes, silos y depósitos, y en segundo por los intereses del valor del producto almacenado, que está sin producir.

La mejora de la evacuación logra un beneficio inmediato derivado de los conceptos anteriores y que será proporcional al tonelaje almacenado y al tiempo, es decir será del tipo de

$$\Sigma (T_{mt} \times t_i \times p_i).$$

2.7.7. Factores especiales

En cada puerto y en cada tráfico pueden existir unas circunstancias especiales cuya modificación o mejora acarrean unos beneficios.

Sería imposible especificar, y menos clasificar, pero pueden ser muy diversos.

2.7.8. Obras e Instalaciones

Realmente las obras e instalaciones, más que un factor cuya variación puede afectar al conjunto del gasto, son unos medios necesarios para atender a las diferentes actividades portuarias, y según sean las necesidades de los diferentes usuarios será preciso disponer de mayores o más amplias facilidades, aumentando su costo y repercutiendo sobre el gasto final que es la contrapartida de los beneficios analizados en los apartados anteriores y que se reflejarán en el estudio de las acciones entre diferentes factores.

2.7.9. Influencias y relaciones mutuas entre los diferentes factores y sus consecuencias sobre los gastos.

La mejora de las características de los usuarios, asi como el aumento de medios y sus rendimientos producen unos beneficios inmediatos en los resultados de las operaciones.

Es necesario estudiar si los beneficios conseguidos con una variación de las condiciones son mayores que los gastos que son necesarios realizar por tal motivo, para determinar si es conveniente o no una decisión.

Los factores que intervienen actuando sobre los costos son:

a) Dimensiones del barco

b) Estadias

c) Rapidez y eficacia de las operaciones portuarias

d) Tráfico terrestre

2.7.9.1. Dimensiones del barco

Al aumentar la capacidad de transporte del barco (TPM), prácticamente aumentarán sus tres dimensiones de eslora, manga y calado.

Las consecuencias son:

Objetivo: Aumento del desplazamiento del barco (TPM)

Consecuencias principales

a) Aumento de calado: Si no existen calados naturales en los accesos y zonas de maniobra, será necesario dragar. Hay que advertir que los dragados suelen ser muy costosos y si el fondo es rocoso es prácticamente prohibitivo.

Por tanto, si para aumentar calados hay que dragar, los costos ascienden rapidísimamente muy por encima de un crecimiento lineal.

b) Obras de abrigo y entrada: Al aumentar la eslora, aumentan los círculos de maniobra y superficie de las zonas de evolución, etc., aumentando por tanto longitudes de diques, etc.

Al mismo tiempo aumentará el coste unitario de las obras de abrigo por mayores profundidades y altura de las olas, así como las esclusas, obras de fondeo y amarre, etc.

c) Muelles e instalaciones de atraque: En los muelles macizos, el costo aumenta proporcionalmente casi a la relación del cuadrado de las alturas; en los muelles abrigados, pantalanes, etc., aunque el aumento es menor, es tambien considerable.

Al mismo tiempo, el mayor volumen de carga supone unas mayores necesidades de terraplenes, almacenes, depósitos, etc., así como las instalaciones terrestres, siendo un aspecto del incremento de gastos muy importante.

d) Instalaciones de carga y descarga: La repercusión es obvia, por la necesidad de disponer de mayores equipos (en dimensiones, rendimientos, etc.) aunque su repercusión directa es mayor al considerar las estadias.

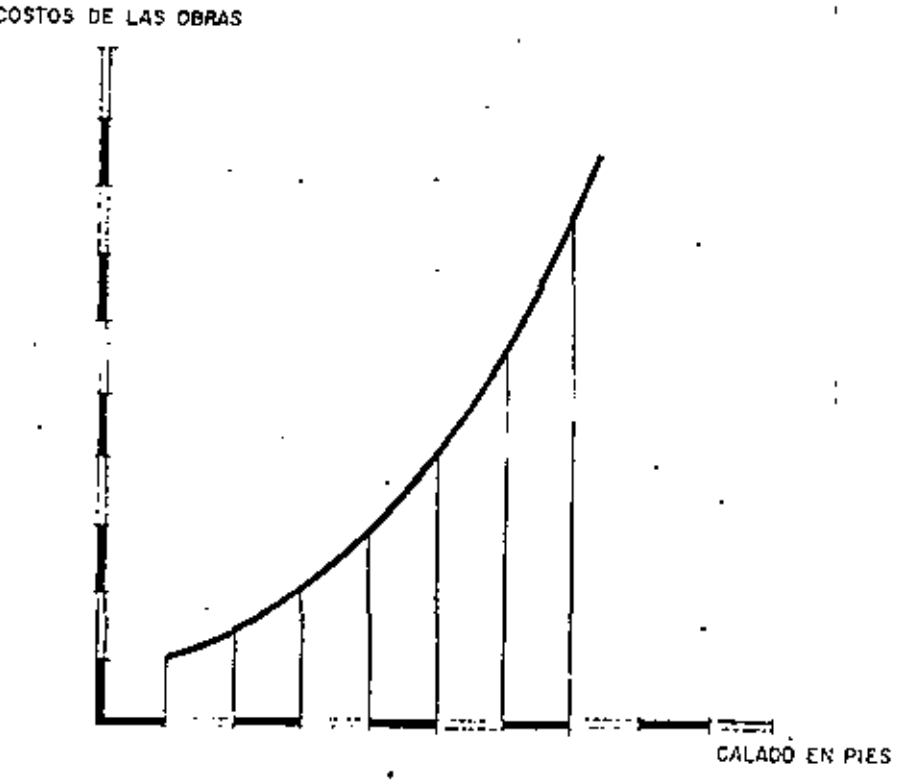
El conjunto de todos los factores anteriores se traduce en incremento de costos de las obras de abrigo y acceso, atraque, instalaciones terrestres y operaciones, conforme aumenta el desplazamiento del barco.

2.7.9.2. Estadias

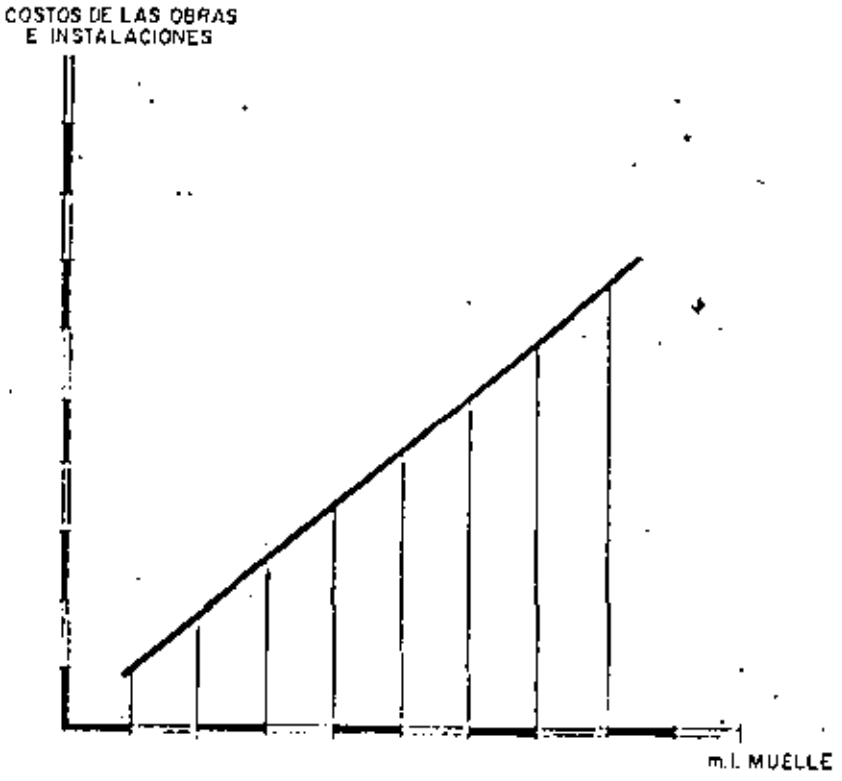
Las estadias son un factor importantísimo dentro del conjunto de los gastos; el objetivo es el disminuirlas al máximo, tanto por reducir el tiempo de espera como el de operaciones.

El fin puede ser conseguido por varios medios: o aumento de la línea de atraque o de calados para evitar demoras, o del rendimiento de los equipos.

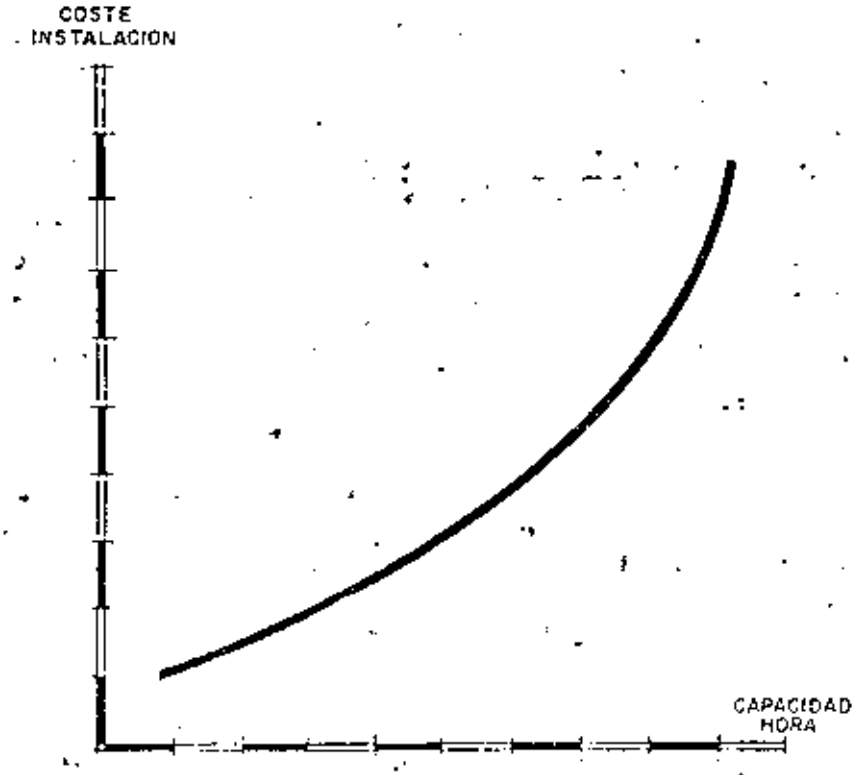
Objetivo: Reducción de estadias en puerto



AUMENTO DE GASTOS POR MAYORES CALADOS.



AUMENTO DE GASTOS POR MAS LONGITUD DE MUELLES.



AUMENTO DE GASTOS POR INSTALACIONES DE MAYOR RENDIMIENTO.

Consecuencias principales

a) Aumento de calados en accesos: Su actuación es similar al que analizamos anteriormente.

b) Aumento línea de atraque: El aumento del número de puntos de atraque disponibles, o sea de la longitud de muelles, lleva aparejado un aumento correlativo de los costes de construcción que prácticamente es proporcional.

c) Aumento del rendimiento de los equipos: Puede conseguirse aumentando la capacidad de los utillajes, mejorar la productividad o aumentar el turno de trabajo. El aumento de la capacidad de los utillajes e instalaciones ocasiona un aumento del costo de adquisición y trabajo y aunque es muy variable la relación, puede aceptarse en algunos casos la de la figura correspondiente.

Los aumentos de productividad y jornada, etc. lleva unido un aumento de salarios, primas, etc. superior al lineal.

La utilización de cada uno de los medios anteriores para reducir estadias obliga al estudio por separado de los gastos que ocasiona, y como es natural pueden coexistir varias de las causas.

2.7.9.3. Rapidez y eficacia de las operaciones

Prácticamente su objetivo es el mismo que vimos en estadias, aunque engloba otros factores como el de seguridad, averías, etc. Al mismo tiempo, pueden evitarse una serie de gastos derivados de falsos movimientos, infrautilización de equipos, etc.

La contrapartida suele estar en el empleo de utillaje más perfeccionado y costoso , asi como en el de mano de obra altamente especializada que como es natural es mas cara.

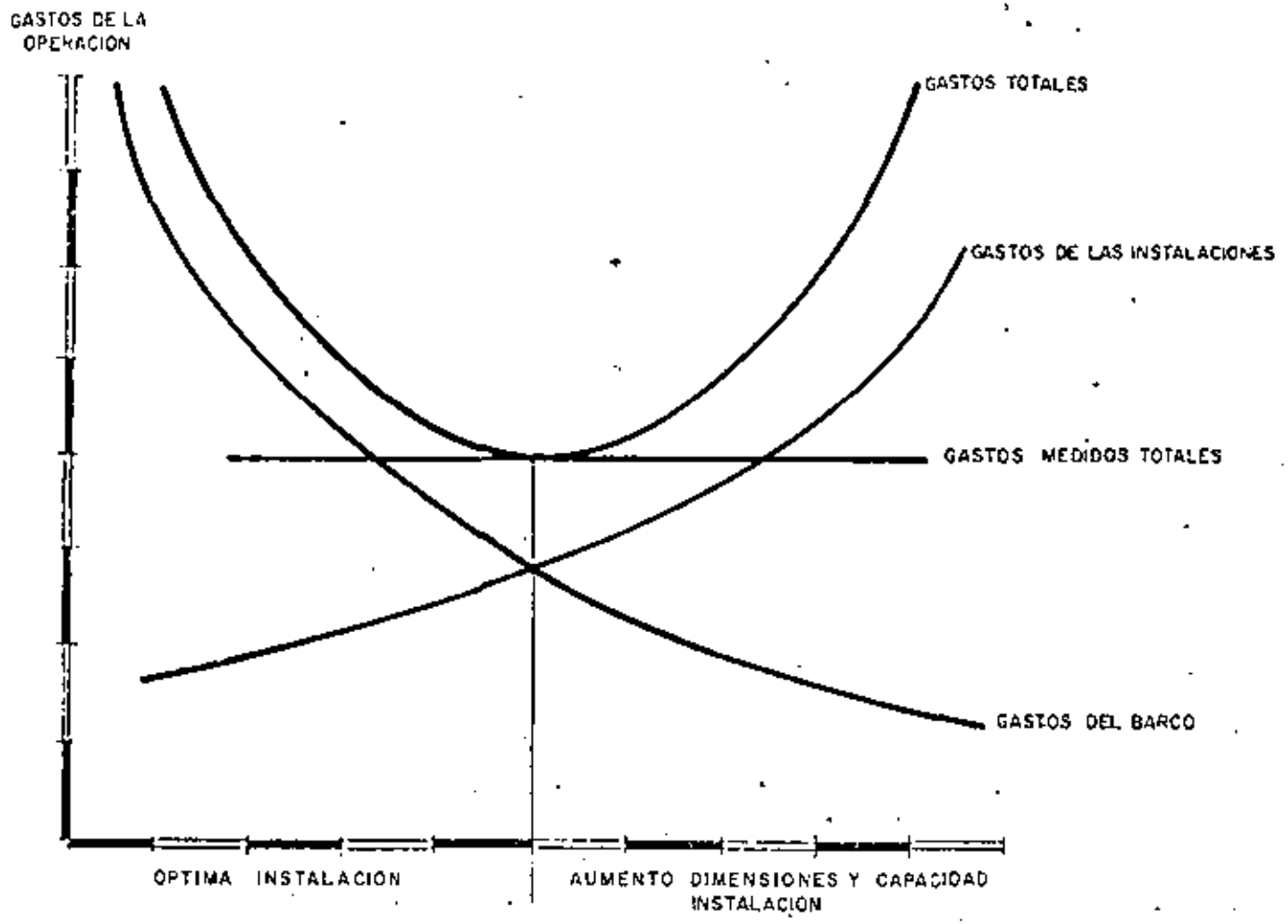
2.7.9.4. Reducción de esperas en el tráfico terrestre

El objetivo es disminuir las esperas de los vehículos terrestres en espera de puntos de carga.

El número, así como características de rendimientos y trabajo estará ligado al volumen del tráfico, capacidad de almacenes, etc.

En cualquier caso su mejora lleva aparejada un mayor costo por mayores o más numerosos equipos de carga; aparcamiento de vehículos a la espera, etc.

Se puede aceptar, en una aproximación muy somera, que sus consecuencias serán similares a las de las estadias del barco.


GASTOS DE LA OPERACION
GASTOS TOTALES
GASTOS DE LAS INSTALACIONES
GASTOS MEDIDOS TOTALES
GASTOS DEL BARCO
OPTIMA INSTALACION
AUMENTO DIMENSIONES Y CAPACIDAD INSTALACION

2.7.10. Consecuencias y actuaciones

En la expresión general de los gastos en puerto, intervienen los diferentes factores individualmente considerados y se puede conseguir la reducción de unos a base generalmente de incrementar el costo de los otros

Por tanto habrá que analizar en cada caso, la actuación de cada uno de los componentes y obtener beneficios y gastos totales (sobre la totalidad de actividades sometidas al estudio de la planificación, no solo sobre una parte) y poder tomar la decisión que se estime más favorable.

Algunas actuaciones lograrán un beneficio inmediato sin inversión o muy pequeña, como sucede en el caso de reorganización de servicios, métodos de operaciones, aumento de la productividad,etc., y estas actuaciones son las que no tienen duda alguna y deben tomarse de manera rápida sin esperar a estudios de conjunto.

En cambio, las decisiones que suponen una inversión considerable con un cambio en el esquema funcional del puerto deben tomarse con precaución y despues de un estudio y análisis de su magnitud y consecuencias.

Para cada tipo de tráfico y de acuerdo con sus características habrá un desplazamiento de barco y unas condiciones de instalaciones que nos den el "óptimo" económico del conjunto.

Para una instalación universal donde lleguen diferentes tipos de barcos, debe operarse con barcos medios y para el conjunto del puerto se debe tomar el total de la actividad, analizando posteriormente por separado cada dársena y cada muelle o instalación.

Efecto a conseguir	Consecuencias en el puerto	Aspecto favorable	Aspecto negativo	Influencia sobre el puerto y medios de transporte
Aumento del tamaño del barco	Aumento dimensiones del puerto	Disminuyen fletes Aumenta rendimiento del puerto Aumenta volumen operaciones	Mayor calado Mayores obras e instalaciones Mayor costo del puerto	Sobre el costo del transporte. (disminuye). Sobre costo y tamaño de obras e instalaciones
Facilidad de operaciones	Amplio dimensionamiento	Aumenta rapidez de operaciones Evita servicios intermedios	Mayor costo de obras e instalaciones	Sobre el costo de obras e instalaciones Sobre características del barco (escotillas amplias...)
Disminuir estadías	Rapidez operaciones	Disminuyen fletes Disminuyen gastos en puerto Aumenta rendimiento	Mayor costo de obras e instalaciones Mayor costo del barco	Sobre obras e instalaciones Barcos mejor concebidos (containers, roll-on/roll-of)
Aumento del rendimiento de las instalaciones	Aumento en el número, capacidad y eficacia de las instalaciones	Disminuye estadía Aumenta rendimiento del puerto	Mayor costo de las instalaciones	Variar instalaciones y utillaje Mejorar medios de evacuación
Mecanización operaciones	Preparación previa de la mercancía Utillaje apropiado	Aumenta volumen de operaciones Disminuye mano de obra no especializada	Aumento costo	Variar utillaje
Nuevo modo de transporte	Nuevas obras e instalaciones nuevas	Economía en el transporte	Nuevas obras e instalaciones	Variar concepción del puerto

2.8. EVALUACION Y RENTABILIDAD DE LAS ACTUACIONES

2.8.1. Necesidad de una evaluación del Plan y su rentabilidad

Todo plan o programa que se haga sobre el puerto, tiene siempre como finalidad conseguir una mejora de sus condiciones ó situación actual cara a alguno de sus aspectos; fundamentalmente podriamos agruparlos en los siguientes objetivos:

- Mejora de las condiciones de operaciones y reducción de costes
- Posibilidad de atender a los nuevos tráficos de diferente tecnología.
- Aumento de la capacidad y desarrollo futuro.
- Mejora de la seguridad en general (del barco y las operaciones)
- Otros objetivos

Prácticamente todas las acciones que se emprenden para mejorar las condiciones de un puerto o ampliar su capacidad, requieren una inversión monetaria más o menos fuerte, unida en muchas ocasiones a una alteración de la situación existente, no solo las instalaciones portuarias sino tambien del contorno de su emplazamiento y de las actividades humanas más o menos influidas por la acción del puerto.

En estos casos es necesario conocer qué beneficios se consiguen con la acción propuesta y que cuesta dicha actuación para compararlas y ver si merece el esfuerzo; Al valorar beneficios y costes, no solo hay que referirse a los estrictamente monetarios del proyecto sino tambien -y a veces más importante- a los que se originan a los usuarios y a la comunidad en conjunto.

Finalmente, como las disponibilidades de la comunidad no suelen ser ilimitadas y las necesidades son mayores, es necesario muchas veces determinar un orden de prioridad en las inversiones y para ello despues de compararlas (con iguales criterios), elegir lo que puede originar un mayor rendimiento a la comunidad.

2.8.2. Actuaciones y alternativas

a) Para conseguir los objetivos señalados hay que realizar una serie de actuaciones que serán diferentes según el fin propuesto.

Si se trata de aumentar la capacidad de acuerdo con la evolución del tráfico, habra que actuar sobre las características y dimensiones de accesos, zonas marítimas y terrestre; longitud de muelles, etc.; en cambio si se trata de mejorar el rendimiento u organización deberán analizarse los sistemas y mé-

todos de operaciones, las relaciones entre los diferentes organismos, el camino seguido por la mercancía y medio de transporte y sus cuellos de botella, etc.

Si se trata de reducir costes, habrá que analizar cada uno de los centros de operaciones y estudiar sus rendimientos y tiempos y modos de disminuir el tiempo de operaciones y estadias, aumento del volumen de cargamento, etc.

Cualquier otro objetivo que se desee alcanzar llevará aparejado consigo una actuación cuyo análisis hay que realizar para conocer el alcance de la misma.

Todas estas actuaciones tienen un precio o coste y logran un beneficio; el análisis de estos dos temas, unidos muy directamente al de la rentabilidad de la inversión, presentan graves dificultades por la cuestión de como se definen y como se computan beneficios y costas.

Debe hacerse previamente un criterio sobre los costes y beneficios que deben figurar en el estudio de las soluciones.

b) Toda solución que se estudie debe compararse con una solución de referencia; generalmente se suele utilizar la existente.

Esta solución de referencia suele llamarse "alternativa cero" lo que supone comparar la instalación o puerto de la solución escogida, con la situación de no hacer nada.

Hay que distinguir entre distintas soluciones que se presenten a comparación : pueden ser actuaciones similares (diferentes esquemas de puerto, distribución de dársenas, etc.) o totalmente diferentes (resolver un problema de estadias por disminución de empresas-muelles, ó tiempos de servicio-ritmo de carga). Algunos formularios de evaluación suelen distinguirlas como alternativas "cuantitativas" y "cualitativas" e insisten en que se deben distinguir entre lo que son realmente dos soluciones totalmente distintas de concepción y objetivo, de lo que simplemente son variantes de una misma solución.

2.8.3. Rentabilidad de las inversiones

Uno de los factores más importantes y decisivos a la hora de analizar ventajas e inconvenientes de las diferentes soluciones, es la de la rentabilidad de las inversiones propuestas.

Es un tema polémico ya que hay diferentes criterios sobre lo que debe entenderse por rentabilidad de una obra pública como es el puerto y hay un divorcio de mentalidad entre los que dan prioridad al servicio a la comunidad y los que solo contemplan la simple productividad del dinero.

El puerto presenta un triple aspecto frente a las cuestiones económicas:

a) Como organismo independiente, con su economía propia y sus ingresos y gastos.

b) Como servidor de unos usuarios -mercancías, medios de transporte, industrias, etc.- en los que produce unos beneficios mediante su actuación.

c) Frente a su zona de influencia a la que viene creando y favoreciendo fuentes de riqueza y siendo causa en resumen de una serie de beneficios para la comunidad.

Si el puerto fuera una empresa privada, solo atendería a su rentabilidad propia tratando de lograr los mayores ingresos con el mínimo gasto, subiendo las tarifas hasta los límites soportables por el tráfico, etc.

Pero al tratarse de una empresa pública, sin ánimo de lucro, la cuestión se plantea con otros condicionantes distintos debiendo diferenciar la economía propia del puerto, de los beneficios que recibe la colectividad por su actuación.

2.8.3.1. Rentabilidad financiera y económica

a) Conceptos

Entendemos por rentabilidad económica de una inversión la que se deduce de la estimación de todos los beneficios que produce al conjunto de la economía afectada por ella, es decir, no solo al organismo inversor, sino tambien a todos cuantos se benefician de una manera directa o indirecta con su actuación.

La rentabilidad financiera en cambio se refiere a la comparación entre dicha inversión y los ingresos monetarios producidos directamente por ella.

Esta sería por tanto la que afectaría directamente al puerto considerado como entidad independiente, y en resumen indicaría la posibilidad financiera de realizar el proyecto con las tarifas calculadas y los supuestos de intereses, etc.

En cambio la rentabilidad económica indica en cierta manera la bondad de la inversión para el conjunto de la economía y el aumento de bienes que produce a la colectividad. La dificultad estriba en la determinación y valoración de estos beneficios.

A efectos de analizar ventajas y soluciones, el factor básico es el de la rentabilidad económica, ya que representa el impacto de la inversión en la economía nacional. Por otro lado, la rentabilidad financiera puede mejorarse subiendo las tarifas y por tanto los ingresos del organismo inversor; esto no representará una variación en la rentabilidad económica ya que no varía el beneficio total de la inversión, pues-

to que sólo se trata de traspasar parte de los beneficios de los usuarios hacia el organismo que realiza la inversión.

Por tanto deben sopesarse totalmente ambas rentabilidades y juzgar el puerto por su rentabilidad económica; la financiera deberá tenerse en cuenta en el momento de estudiar las tarifas y en el análisis de las diferentes zonas del puerto para poder clasificar la intervención de cada uno en el conjunto del mismo.

b) Criterios de rentabilidad

Para el cálculo de la rentabilidad es fundamental elegir el sistema de comparar beneficios y costos.

De los distintos procedimientos existentes, el que se utiliza actualmente en España al evaluar los proyectos en el sector público es el de la tasa de rendimiento interno.

Consiste en calcular el interes que iguala los beneficios y costos actualizados a lo largo de los diferentes años que va a durar el proyecto. En este sentido se tienen en cuenta el valor e interés del dinero, según el tiempo en que se produce la inversión o el beneficio; la expresión sería:

$$d_o + \frac{d_1}{(1+r)} + \frac{d_2}{(1+r)^2} + \frac{d_n}{(1+r)^n} = \frac{b_1}{(1+r)} + \frac{b_2}{(1+r)^2} + \ldots \frac{b_m}{(1+r)^m}$$

donde d_o, d_1, etc. son las inversiones que se realizan a lo largo de n años para ejecutar el proyecto y $b_1, b_2, \ldots\ldots b_m$ son los beneficios que se logran durante los m años que dura la actuación de la inversión realizada.

Las fórmulas serían por tanto:

Rentabilidad económica $$\sum_{0}^{T} \frac{B_{t1} - C_{t1}}{(1+r)^t} = 0$$

donde r es la tasa de rentabilidad interna de dicha inversión

Rentabilidad financiera $$\sum_{0}^{T} \frac{I_{t1} - C_{t1}}{(1+r)^t}$$

Siendo r la tasa de rentabilidad interna.

Este criterio puede complementarse con otros como el de la tasa interna de rendimientos de los costos, etc.

Para deducir estas rentabilidades es fundamental definir los siguientes puntos:

a) Beneficios, Costos e Ingresos

b) Vida del Proyecto

2.8.3.2. Beneficios y costos

La deducción de los distintos conceptos será muy difícil y discutida.

Depende mucho del campo que abarque el proyecto: Construcción de un puerto nuevo o mejora de uno existente; planificación total o solo de una zona portuaria o incluso de una simple instalación; función de puerto integral o cargadero especializado; funciones especiales del puerto que requieren características especiales o solo referirse a la cadena del transporte, etc etc.

Además es necesario analizar el verdadero impacto que produce la inversión, es decir sobre que campo actúa y quienes se benefician realmente y en qué medida, pues en unos casos se logra un aumento de tráfico y en otros mejoras en las maniobras con reducción de costos, estadias, etc.

A) Respecto a la rentabilidad financiera

Los costes e ingresos se refieren únicamente a los del organismo inversor.

A_1) Costes. Pueden dividirse en dos tipos básicos:

a_1) Coste de inversión o de primer establecimiento

a_2) Costes periódicos (operación, conservación, etc.).

Estos costes se deben actualizar anualmente a pesetas actuales, de acuerdo con el momento del desembolso.

Los costos periódicos se refieren a los necesarios para el funcionamiento del proyecto y lograr el beneficio.

Algunos serán constantes a lo largo de los años mientras que otros se producirán solamente cada determinado período de tiempo (por ejemplo conservación extraordinaria; renovación de equipos, etc.). Su importe debe actualizarse a pesetas actuales, teniendo en cuenta el posible aumento del precio de las cosas, devaluación de moneda, etc.

La suma anual de ambos tipos de costos nos dará la cantidad anual actualizada que supone el proyecto.

A_2) Beneficios. En el caso de la rentabilidad financiera, son fáciles de calcular ya que se refieren a los ingresos propios del organismo.

Estos ingresos deben actualizarse a pesetas actuales de la misma forma que los ingresos.

B) Respecto a la rentabilidad económica

El problema es mas complicado ya que a los ingresos y costos anteriores hay que sumar los que se originan en los distintos beneficiarios.

B_1) Beneficio

B_{11}) Directos

Además de los que logre el organismo por aumento del tráfico en el puerto (no por aumento de tarifas, ya que entonces, se deduciría de los de los usuarios), los que se originan son entre otros.

a) Empleo de buques mayores. Se refieren a la disminución de fletes por el empleo de mayores buques. Hay que tener gran cuidado pues en muchos casos el tráfico no lo necesita y dicho aumento no refleja la realidad.

b) Aprovechamiento plena carga. Es similar al anterior.

c) Estadias. Es el caso más corriente y fácilmente deducible

d) Mejora de operaciones. Tanto en rapidez -disminución de estadias- como en costos de operación.

e) Evitar pérdidas. Tanto por daños o inclemencias del tiempo, seguridad; robos, etc.

f) Evitar congestión en tierra. Se traduce en beneficio de operaciones y de toda índole.

g) Evitar accidentes.

Podrian citarse otros, pero en resumen en cada proyecto debe analizarse y calcular sus efectos directos

B_{12}) De otro tipo

Independientemente de estos beneficios, deben calcularse los beneficios que se producen en la zona por efecto del proyecto; facilidades para la industria y el comercio: contribución al desarrollo de la zona; mejora del nivel de vida o del ambiente, etc.

Son muy dificil de evaluar, pero deben valorarse con mucho cuidado y sin prescindir de ellos tampoco exagerarlos.

B_2) Costos

Lo mismo que en los beneficios deben calcularse todos los

que se originan tanto en las obras e instalaciones portuarias como en los beneficiarios de la obra cuyos beneficiarios de la obra cuyos beneficios han sido tenidos en cuenta.

Entre otros deben citarse los siguientes:

a) Costos del proyecto

b) Costos secundarios (por ejemplo, creación de fábricas, astilleros, etc.).

c) Costos varios (destrucción de playas, barrios residenciales, ambientes, monumentos, etc.).

Los costos de este tipo son dificilísimos de evaluar, recayendo muchas veces la decisión en los políticos por existir competencia entre los diferentes aspectos que se puedan considerar.

Así mismo deben calcularse los costos periódicos y actualizarlos a pesetas actuales.

2.3.3.3. Vida del proyecto

La duración o tiempo durante el cual, el proyecto estará produciendo beneficios netos es fundamental para la evaluación del mismo.

En el caso de obras como las portuarias con una vida muy larga (salvo ciertas obras, utillajes e instalaciones), es necesario conocer como influyen en el cálculo de la rentabilidad la duración de la obra.

Las inversiones suelen realizarse en plazos relativamente cortos (3/4/5 ó pocos más años) por lo que pueden actualizarse facilmente.

Los ingresos en cambio pueden durar mucho; sin embargo, puede verse que cuando el número de años n es grande, el aumento de años no modifica los resultados prácticamente.

El cálculo correspondiente demuestra que con tasas de rendimiento interno altas (mayores del 20%) los períodos de 25/30 años son suficientes para que no se altere en más del 5% al 10% el valor actual de la suma y con tasa del 5 al 6% oscilan entre los 40 y los 60 años. Esto quiere decir que la vida económica a considerar del proyecto no subiría de los 26 a 40 años, o sea dentro de la vida normal de un obra de este tipo.

CAPITULO TERCERO: EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES PORTUARIAS.

1. Generalidades. 2. Consideraciones básicas sobre las necesidades portuarias. 3. Los métodos de dimensionamiento. 4. Métodos empíricos. 5. Métodos matemáticos: Métodos analíticos: 6. Métodos de simulación.

3.1. GENERALIDADES

Conocidas las características generales del puerto en lo que se refiere a su función y tráfico, así como las condiciones existentes en el emplazamiento el paso siguiente es determinar las necesidades portuarias y posteriormente trazar la planta general del conjunto portuario y sus zonas de forma que se logre encajar las obras e instalaciones necesarias en el emplazamiento disponible.

Prescindiendo de ciertos puertos especializados y de los cargaderos en mar libre o en grandes bahías y refiriéndonos a los puertos integrales conviene hacer algunas aclaraciones previas para aclarar conceptos:

a) Debido a la conveniencia o necesidad de separar tráficos, el puerto estará constituido por una serie de zonas o dársenas independientes, dedicadas cada una de ellas a cada tráfico específico, con unas zonas o instalaciones marítimas y terrestres de carácter general -antepuertos, fondeaderos, enlaces terrestres, estaciones, etc.- comunes a todas las dársenas.

b) Es necesario planificar y dimensionar cada zona específica y las zonas generales de forma que constituyan un conjunto armónico tanto cada zona considerada independientemente como el conjunto del puerto.

c) Debe realizarse la planificación atendiendo a la posibilidad de realizar el puerto por etapas, de forma que sea capaz de atender al tráfico previsto en cada una de ellas y que se haya reservado la zona necesaria para las ampliaciones futuras.

d) La planificación debe realizarse a base de haber supuesto los rendimientos óptimos que pueden alcanzarse adoptando los procedimientos y sistemas de operaciones más modernos y eficaces que existen debiendo sustituirse aquellas instalaciones antiguas que no respondan a las exigencias actuales del tráfico.

3.2. CONSIDERACIONES BASICAS SOBRE LAS NECESIDADES PORTUARIAS

Cada puerto tiene unas características propias que deben analizarse en cada caso, siendo prácticamente imposible el dar normas generales que puedan aplicarse a todos los puertos de manera indistinta.

Sin embargo, para tráficos análogos y con instalaciones similares en puertos con condiciones parecidas, los resultados que se obtengan serán comparables; por tanto es lícito aceptar al planificar una instalación o puerto, que sus necesidades serán similares o parecidas a las de otros casos ya construidos, donde se conocen sus comportamientos y resultados.

La dificultad estriba en dos aspectos: primero, en clasificar el puerto que estudiamos en relación con otros que nos pueden servir de guía, y segundo, en no olvidar que las conclusiones que saquemos son solamente una guía o ayuda en nuestro trabajo y que cada caso habrá que tratarlo con independencia de los demás.

Los criterios para juzgar un puerto se refieren fundamentalmente a los siguientes puntos:

- a) Respecto al tráfico y los medios de transporte.
- b) Respecto a las zones e instalaciones portuarias.

3.2.1. Respecto al tráfico.

Se refieren a las distintas relaciones que pueden existir entre las características del tráfico y los medios de transporte.

Los más importantes son los que se analizan a continuación:

A) Característica general del puerto.

La característica más importante de un puerto es el índice $I_G = Tm/TRB$ que llamaremos índice general, correspondiente a la relación entre el tonelaje total de mercancías traficadas y el de registro bruto total de entrada (o salida)

en el puerto. Conviene hacer la aclaración que en algunos estudios sobre este tema se utiliza el TRN, por lo que los resultados deben modificarse para ser comparables.

Este índice es un claro exponente del puerto; los índices bajos acusan puertos donde el tonelaje de mercancías movido es pequeño en relación con el TRB de los barcos que hacen operaciones, como sucede en los puertos de pasajeros, escala, aprovisionamiento o incluso en los de mercancía general; los puertos de índices medios se refieren a puertos en los que predomina la carga sobre el pasaje o escala y están promediadas la carga general en operaciones parciales con los graneles; los puertos de índices altos corresponden a puertos donde los barcos realizan operaciones completas (petroleros, mineraleros y mercancías pesadas).

Hay que hacer la advertencia de que el índice no cataloga al puerto en grande o pequeño, ya que un puerto puede tener un índice bajo y tener un tráfico enorme y viceversa, pequeños puertos pueden dar un índice alto y tener relativamente poco tráfico.

También hay que señalar que el índice se refiere al conjunto del puerto pudiendo enmascarar algún tráfico predominando otros tipos de operación.

De acuerdo con la experiencia de la clasificación de los puertos puede hacerse como sigue:

$I_g = \frac{Tm}{TRB} < 0,30$ puertos de escala, abastecimiento, pasajeros, refugio, etc.

$0,30 < I_g < 0,75$ puertos de tráfico mixto, de cargamentos parciales, etc.

$I_g > 0,75$ puertos de carga pesada, minerales, cargamentos completos, etc.

En los puertos del primer grupo, predomina la actividad marítima sobre la del tráfico, en los del segundo grupo ambas actividades están equilibradas y en las del tercero es claro el predominio del tráfico de mercancías y por tanto las necesidades de las zonas terrestres.

Las medias nacionales dan 0,40 para Italia, 0,60 Francia y Alemania, 0,65/0,70 Inglaterra y Bélgica, subiendo a cerca de 0,90 para Holanda estando España hacia 0,50 con mucha divergencia entre sus puertos.

La razón de la diversidad acusada en los puertos españoles está en que en España no existe prácticamente ningún gran puerto integral donde coexistan toda clase de tráficos es-

tanto en general muy polarizados hacia determinados tráficos por lo que su encuadramiento suele ser muy claro y acusado.

Con independencia de que éste índice solo se refiere al conjunto del puerto, no hay duda que el interés es que sea lo más alto posible dentro de cada tipo de tráfico ya que supone una mayor operación realizada en cada entrada consiguiendo el armador disminuir gastos y por tanto reducir fletes unitarios. Por eso además de este índice son interesantes los referentes a cada tipo de tráfico, es decir:

$$I_f = \frac{T_f}{TRB_f} \quad I_{g2} = \frac{T_g}{TRB_g} \quad I_{mg} = \frac{T_{mg}}{TRBmg}$$

de fluidos, graneles, mercancía general, etc.

B) Equilibrio de tráficos

Otra característica importante es la que se refiere a la relación entre el tráfico total y el de importación y exportación respectivamente; hay que distinguir entre las cifras medias del puerto y las correspondientes a cada tráfico. Las generales indican si el puerto recibe más mercancía que exporta; las parciales indican lo mismo para cada tráfico pero además indica si la estructura del tráfico está compensada, ya que si lo está, puede permitir a los barcos aumentar su operación en cada entrada cargando mercancía similar a la que descargó.

Esto es lo que se llama "balanza de carga compensada"; un puerto en conjunto puede estar equilibrado y sin embargo no estarlo en los distintos tráficos con resultados desfavorables para la operación (ej. puerto que importe 500.000 toneladas de petróleo y exporte 500.000 toneladas de general; los petroleros llegarán cargados y marcharán descargados y los cargueros al contrario).

Este índice $I_{eq} = \frac{Tme.}{Tm}$, se llama índice de equilibrio del puerto o del tráfico (según se refiera al conjunto o a un tráfico específico) y oscila entre valores muy variables de 0,15 a 0,55 con un valor medio de 0,35 a 0,40.

En general son importadores los puertos comerciales y exportadores los mineros estando equilibrados los petroleros o de abastecimiento. España en conjunto va tendiendo hacia índice bajo como consecuencia de las importaciones de petróleo y materias primas en su camino hacia el desarrollo.

En Europa, puede observarse en general lo reducido de los

índices como es lógico, ya que Europa importa materias primas en grandes cantidades y exporta productos industriales de menor tonelaje y lo mismo sucede con los países desarrollados con excepción de algunos super ricos, que son autárquicos respecto a materias primas.

C) Forma de evacuación terrestre

La tercera característica es la forma de evacuar el producto por tierra según los distintos medios de transportes; los índices correspondientes se refieren a la relación entre el tonelaje salido por cada medio y el total:

$$Ief = \frac{Tmf}{Tmt} \quad " \quad Iec = \frac{Tmc}{Tmt} \quad " \quad Ieo = \frac{Tmo}{Tmt} \quad " \quad Iev = \frac{Tmv}{Tmt}$$

siendo Ief = evacuación ferrocarril

Iec = evacuación carretera

Ieo = evacuación oleoducto

Iev = evacuación por otros medios.

Es frecuente el conceder la máxima importancia al estudio de las necesidades de la zona marítima y olvidar las que se refieren a la parte terrestre, y sin embargo, tan importantes son las unas como las otras y en muchos casos la congestión del puerto se produce precisamente en los accesos o terraplenes terrestres.

Por esta razón es básico conocer los métodos de entrada y salida de la mercancía para poder proyectar las instalaciones de acuerdo con las formas de transporte.

Otro índice interesante es el que se refiere al coeficiente de evacuación o llegada directa de la mercancía sin pasar por almacenes Ied = Tmd/Tmt ya que se señalará la necesidad de mayor o menor zona de almacenaje.

En España los datos correspondientes a 1.970 fueron:

	FFCC	Carretera	Oleoducto	Varios	Direc.	Total
Tm Totales	13,7	43,3	59,6	2,5	16,2	135,3
%	10,20	32,00	44,05	1,8	11,90	100,00

Con respecto a otras naciones europeas, destaca el gran porcentaje de oleoductos y la carretera y el reducido del ferrocarril y de otros medios, debido esto último en gran parte a que no existen canales.

D) Características del barco medio

Otra característica importante del puerto es la del tonelaje medio de los barcos y sus esloras; conforme son mayores los barcos, aumenta el TRB por metro de eslora y por tanto el rendimiento de las superficies de aguas.

Los índices resultantes serán Ime = Σ E/Nºb (suma de esloras dividida por nº de barcos) y Imtrb = Σ TRB/Nºb (tonelaje total dividido por nº de barcos).

3.2.2. Referente a las instalaciones

Relacionan las proporciones entre superficie de agua, tierra y longitud de muelles en relación con la característica general del puerto, así como longitudes de redes ferroviarias, carreteras, etc.

Los más interesantes son:

A) Superficie agua/tierra

La relación más importante entre las instalaciones del puerto es la que se refiere a las proporciones entre tierra y agua $I_a/t = S_a/S_t$

Si el puerto está bien dimensionado debe existir equilibrio entre ambas de acuerdo con las características básicas del puerto.

La experiencia enseña que la relación S_a/S_t oscila aproximadamente entre 2 y ½, pudiendo aceptarse en líneas generales que:

Puertos de escala, etc..... $\frac{S_a}{S_t} = 2$

Puertos mixtos..... $\frac{S_a}{S_t} = 1$

Puertos de carga..... $\frac{S_a}{S_t} = \frac{1}{2}$

Este índice va unido estrechamente al carácter del puerto, pues en general los puertos de escala requieren amplias zonas de maniobra que permiten evolucionar fácilmente a los barcos sin pérdida de tiempo ni remolcadores y con un tipo de barco de grandes dimensiones; en cámbio en los puertos de carga o mineraleros, donde los barcos permanecen varios días haciendo operaciones, no importa que la maniobra no sea tan rápida y fácil como en los otros.

B) Longitud de muelles/Superficie de agua

Es el relativo a la longitud de muelles por Ha. de agua, o sea $I_M = L_m/S_a$.

Este índice resalta el aprovechamiento de la superficie de agua para instalar muelles u obras de atraque; una cantidad de agua excesiva representa un desaprovechamiento de las inversiones de abrigo, etc. pero una falta de superficie de agua ocasiona graves trastornos en la explotación por lo que es necesario tratar de encontrar el medio justo.

Para el conjunto del puerto, es decir, contando todas las superficies de agua abrigadas (fondeaderos, antepuertos, dársenas, etc.) y todos los muelles útiles (prescindiendo de los de pequeño calado que no son utilizables para el tráfico), los datos son aproximadamente:

Puertos predominantemente marítimos 50/75 m/Ha.

Puertos mixtos..... 75/125 m/Ha.

Puertos de carga destacada..... 125/175 m/Ha.

En general hoy día se considera que un gran puerto debe tener una relación de 60/70 m.l. de muelles/Ha agua total.

Las proporciones son bajas muchas veces porque están terminadas las obras de abrigo disponiéndose de toda la superficie de agua abrigada y en cambio no están construidos todos los muelles que pueden ubicarse en el puerto.

C) Superficie de terraplén/Longitud de muelle

Es el referente a la anchura de terraplenes; depende en gran parte de las características de los barcos y de los índices de evacuación directa aumentando grandemente con el tamaño de la nave o mejor dicho con la carga útil desembarcada; hoy día deben irse a anchuras de 100/120 metros en atraques sencillos y de 150/200 en espigones con doble atraque. $I_{am} = \frac{S_{te}}{L_m}$

D) Red de ff.cc. y carretera/Longitud de muelles

La relación entre las longitudes de las redes viarias de ferrocarril y carretera y la de muelles, son índices representativos de la disponibilidad de los res--

pectivos medios de transportes en los diferentes muelles y sectores del puerto.

Las cifras medias adoptadas son:

$$I_{1f} = \frac{Lf}{Lm} = 10/15 \text{ y } I_{1c} = \frac{Lc}{Lm} = 2,5/3,5$$

Cuando el hinterland del puerto es poco profundo existe un claro predominio de la carretera sobre el ferrocarril; en España, este se usa prácticamente solo para el transporte de minerales y algunas mercancías más y aunque casi todos los puertos disponen de una amplia red de ferrocarril están infrautilizados en muchos casos.

E) Observaciones

a) Un índice Lm/Sa bajo indica que el puerto no está aprovechado por cualquier causa, es decir, que dispone de superficie de agua abrigada pero que tiene zonas de la orilla o del dique sin utilizar para la construcción de muelles o atracaderos.

b) Los puertos con un índice TRB/Sa bajo indican que las superficies de agua son superabundantes o que están poco utilizadas.

c) Los puertos con relación Tm/Lm bajo indican un mal rendimiento de los muelles (salvo que se trate de puertos no comerciales, es decir, turísticos, pesqueros, reparaciones, abrigo, etc.).

d) Los puertos frecuentados por grandes barcos darán mejor aprovechamiento en general que los de barcos menores.

No hay que olvidar al enjuiciar los puertos, las grandes diferencias que pueden existir debido a sus condiciones básicas y el estado de desarrollo de sus infraestructuras básicas.

3.2.3. Conclusiones

Como resumen de las consideraciones antes expuestas podemos decir lo siguiente:

1º La importancia de la característica Tm/TRB de un puerto, o sea el que en el puerto predomine la faceta marítima o terrestre y en consecuencia la mayor o menor necesidad de superficies terrestres o marítimas.

2º La influencia de una carga equilibrada para un mejor o peor aprovechamiento del puerto y por tanto el que

sea necesario más o menos cantidad de instalaciones.

3º La importancia de que el puerto esté bien dimensionado y proporcionado entre sus diferentes elementos, para evitar que existan superabundancia de unos frente a otros con la consiguiente disminución del aprovechamiento.

4º La necesidad fundamental de proyectar el puerto atendiendo al conjunto de los elementos que lo componen y no a una sola de las facetas o de lo contrario existirán "cuellos de botella" en el desarrollo de la operación portuaria.

Los comentarios anteriores solo son reglas generales y que en cada caso hay que estudiar la solución más apropiada.

3.3. LOS METODOS DE DIMENSIONAMIENTO

Como primer paso para la planificación del futuro puerto debe hacerse un bosquejo del esquema director que será el entramado básico de la solución; esta primera idea debe hacerse empíricamente de acuerdo con las necesidades y características de las actividades portuarias y las posibilidades y condiciones del emplazamiento.

En este esquema figurarán claramente definidas las zonas generales terrestres y marítimas y las diferentes dársenas o zonas para cada tráfico específico.

Sobre este esquema debe procederse al dimensionamiento y ajuste de las superficies de agua y tierra, líneas de muelles, áreas de almacenamiento y tinglados, vías de acceso y enlaces, etc.

Habrá zonas o instalaciones cuyas dimensiones dependerán del volumen del tráfico y sus características, pero en cambio hay otras cuyas características y dimensiones dependen de otros factores como son emergencias de maniobras de barcos, calados, etc. Por ejemplo, el número de atraques o longitud de muelles dependerá fundamentalmente del número de barcos y sus leyes de llegadas y tiempos de servicio; en cambio las dimensiones de la zona de maniobra o fondeadero, depende de la eslora y capacidad de maniobra del máximo barco con independencia del número de barcos que entren en el puerto.

Por tanto al encajar zonas y dársenas y ajustar sus dimensiones al posible desarrollo, habrá que disponer de entrada de toda la superficie necesaria para algunas de las zonas y en cambio podrá proyectarse por fases las zonas que se desarrollen posteriormente de acuerdo con el tráfico.

Para el dimensionamiento en sí no existen métodos especiales sino que unas veces se aplica conocimientos empíricos basados en la experiencia de casos similares y en otras en cambio se podrán aplicar métodos de análisis e investigación operativa que permiten resolver problemas específicos de las instalaciones portuarias o de su conjunto.

Todos estos métodos tiene su campo de aplicación y sus ventajas e inconvenientes. Hasta hace muy poco tiempo el dimensionamiento del puerto era una práctica rutinaria basada solamente en un empirismo muy rudimentario. Con la importancia creciente del transporte marítimo y la necesidad de reducir costos y mejorar la eficiencia de los puertos, se fué perfeccionando el conocimiento de las técnicas de planificación y posteriormente -desde los años 60 especialmente- se ha extendido la aplicación de la investigación operativa y actualmente los métodos de simulación se abren camino a pesar de las enormes dificultades que supone la complejidad del puerto para determinar el modelo matemático.

A continuación vamos a examinar brevemente los métodos existentes para entrar posteriormente en su análisis y desarrollo, los campos de aplicación más adecuados a cada uno y sus ventajas e inconvenientes.

Los métodos usuales son:

A). Métodos empíricos

B) Métodos matemáticos
- B_1 Métodos analíticos (teoría de Colas).
- B2 Métodos numéricos (procesos de simulación).

3.3.1. Métodos empíricos

Se basan en el conocimiento práctico del portuario, mediante la aplicación de la experiencia de casos similares. Se utilizan una serie de datos prácticos sobre las relaciones que deben existir entre las diferentes zonas e instalaciones para que estén proporcionadas y no existan "cuellos de botella" así como sobre los rendimientos y capacidades "medias" de muelles y zonas marítimas y terrestres en forma de Tns/m.l./año; TRB/Ha/año; Tns/Ht/año; etc.

Se tienen en cuenta las dimensiones y superficies necesarias de las diferentes zonas para que puedan evolucionar y realizar sus maniobras los medios de transporte y los esquemas y datos de las zonas e instalaciones complementarias.

Las ventajas están en su sencillez y rapidez de aplicación así como que con este sistema se puede dibujar el esquema completo del puerto y sus zonas basándonos en resultados corroborados por la experiencia en otros muchos puertos.

En cambio ofrece graves inconvenientes e incertidumbres que hacen que muchas veces deban emplearse otros métodos. En primer lugar, como los índices utilizados se refieren a valores medios del año, no tienen en cuenta la formación de posibles colas de espera al coincidir varios barcos (por el valor aleatorio de las llegadas) produciéndose pérdidas por estadías en espera de atraque; dado el valor que en el conjunto de los gastos del puerto tiene este factor -que es prácticamente decisivo- es indispensable el analizar estos fenómenos y para esto no sirve este método.

Por otra parte tampoco tiene en cuenta el aspecto económico comparando diferentes soluciones que dando igual capacidad total anual difieran en el sistema o elementos de operaciones con costos finales diferentes.

Tampoco entra en los métodos de operaciones y su organización sino que se supone elegida un tipo ó sistema que la práctica ha confirmado y cuyos rendimientos son los que define el índice.

3.3.2. Métodos matemáticos

Se basan en la aplicación de métodos estadísticos de la investigación operativa, en base a un modelo matemático del fenómeno. En ellos se plantea una ecuación que une a los diferentes elementos de la actividad portuaria, que son las variables de la misma, pudiendo considerar una serie de valores que permiten la comparación de las diferentes alternativas; son métodos que permiten una optimización de los resultados.

3.3.2.1. Métodos analíticos

(Teorías de Colas o Fenómenos de Espera). La importancia que el valor de la estadía del barco tiene en el costo total de las operaciones aconseja minimizar el tiempo del barco en puerto, tanto reduciendo sus posibles esperas como el tiempo de operaciones. Como esto se consigue a base de más atraques o de equipos más potentes con mayores inversiones, es necesario estudiar la solución óptima desde el punto de vista del costo final total.

La teoría de Colas nos permite deducir el tiempo de estancia de los barcos en puerto (en espera y en servicio) y por tanto su costo dado un número de atraques y un rendimiento de instalaciones.

Variando el número de atraques y los rendimientos se podrán deducir diferentes tiempos totales de estadías y valorando los costos respectivos de éstas y de las obras e instalaciones se encontrarán los costos totales para cada solución y pueden deducirse los óptimos y el esquema de obras e instalaciones aconsejables.

Lo mismo puede aplicarse al proyecto de almacenes y puntos de carga a vehículos, etc.

Este método no sirve para un dimensionamiento global de un puerto, sino que optimiza una instalación entre las varias soluciones posibles, pero no es aplicable para dibujar el esquema básico, ni para calcular las zonas necesarias para evolución y servicios de los medios de transporte, etc.

3.3.2.2. Métodos de simulación

Se basan en el análisis de sistemas que reproducen la actividad portuaria en un modelo en el que pueden modificarse las distintas variables de todo tipo (infraestructuras, instalaciones, llegadas de barco, operaciones, organización, etc.) y valorando el gasto de los elementos empleados en cada solución, así como el de las estadías de los medios de transporte, etc., conocer el gasto final.

Se trata por tanto de un método de optimización de costes dando las indicaciones fundamentales de atraques, instalaciones y superficies para poder dibujar una solución óptima.

Este método exige por un lado la elaboración previa del modelo y del programa lo que es difícil y a veces hay que acudir a simplificaciones en las bases de partida, y por otro lado requiere un ordenador de gran capacidad. Sin embargo pueden utilizarse diferentes programas parciales, que permiten acometer el trabajo por zonas y simplificar el trabajo.

El método permite la simulación en el tiempo, es decir, ir considerando la situación en diferentes años comprobando el comportamiento de la solución conforme varía el tráfico.

3.3.3. Aplicación de los métodos.

Como resumen de la breve exposición realizada podemos establecer las siguientes conclusiones sobre su aplicación a la planificación y dimensionamiento.

A) Los métodos empíricos permiten dibujar un esquema general del puerto, así como dimensionar en líneas generales las diferentes zonas y servicios del puerto.

No son aplicables cuando deben tenerse en cuenta las posibles estadías de los barcos, ni permiten tampoco una rápida comparación de costos entre las diferentes soluciones.

En resumen puede decirse que son imprescindibles para crear el esquema general del puerto y que son apropiados para una planificación primaria a largo tiempo donde se trata básicamente de fijar una organización y unas reservas de zonas para que vayan desarrollándose las instalaciones conforme lo exijan las necesidades de tráfico.

B) Los métodos analíticos permiten el dimensionamiento y optimización de los sistemas de operaciones de carga y descarga, es decir: líneas de muelles e instalaciones de carga; instalaciones de operaciones de recepción y entrega en almacenes, etc.

Por tanto, no se trata de un método de dimensionamiento general del puerto o de sus zonas.

Es un método muy apropiado para el dimensionamiento de cargaderos, o líneas de muelles y atraques necesarios, etc. que complementa grandemente el anterior.

C) Los métodos de simulación representan sin duda el futuro de la técnica de planificación del puerto ya que permite aplicar juntamente todas las variables fundamentales, y sobre todo el tiempo de operaciones y las inversiones a lo largo de un período.

Necesita elaborar previamente el modelo, y en ese sentido siempre es necesario el método empírico ya que este es el que permite realizarlo rápidamente con arreglo a bases adecuadas. El lograr un modelo apropiado a la realidad es uno de los problemas básicos.

Actualmente está todavía en fase de desarrollo y aunque existen programas como el de la UNTACD que suponen un avance considerable todavía hay que introducir simplificaciones en las hipótesis y variables.

Por último requiere el uso de ordenadores poderosos y eso puede suponer un inconveniente para el trabajo diario de proyecto.

Pero en resumen puede decirse que éste será el método que en el futuro se impondrá ya que es la aplicación de los conocimientos portuarios a los métodos de la investigación operativa.

3.4. METODO EMPIRICO

En un primer análisis puede realizarse un tanto previo de la necesidad del conjunto que permitirá deducir las superficies globales y su posibilidad de encaje de acuerdo con las condiciones del emplazamiento.

Posteriormente debe analizarse el puerto considerando sus diferentes zonas y terminales independientemente, así como las necesidades comunes y encajarlas en conjunto en la solución global del puerto.

De acuerdo con esto se realiza un estudio previo de las necesidades de la siguiente forma:

- a) Estudio previo del conjunto portuario.
- b) Estudio por zonas independientes.

3.4.1. Estudio previo del conjunto portuario

3.4.1.1. Superficie total

El dato más importante del futuro puerto es la extensión total que debe tener, es decir:

$$S_T = S_a + S_t + S_{zi}$$

en las que:

- S_T = Superficie total
- S_a = Superficie de agua
- S_t = Superficie terrestre
- S_{zi} = Superficie de zona industrial

En la superficie de agua se incluyen todas las necesidades de cualquier índole, y lo mismo sucede en las terrestres, a excepción de las posibles zonas industriales o de otro tipo que no cumplen una función puramente portuaria de servir al tráfico o al medio de transporte que deben estimarse por separado.

Se puede admitir, en una primera aproximación, que la extensión de superficies marítimas necesarias serán proporcionales al tráfico marítimo y las terrestres al de mercancías manipuladas, por lo que podemos suponer que la superficie total sería:

$$S_a = \frac{TRB}{a} \text{ y } S_t = \frac{Tm}{b} \text{ y } S_T = \frac{TRB}{a} + \frac{Tm}{b}$$

siendo $a = \frac{TRB}{Ha.\ año}$ y $b = \frac{Tm}{Ha.\ año}$, coeficientes que indican los rendimientos por hectárea y año de agua o tierra.

Ambos coeficientes son independientes entre sí y el problema está en determinar los factores a y b adecuadamente pues su aplicación incontrolada puede conducir a errores básicos.

3.4.1.2. Superficies de agua

A) Factores correctivos. Existen una serie de factores que intervienen en el rendimiento de las superficies de agua como son las características de los barcos, del tráfico, de las instalaciones, de la forma de realizar las operaciones, etc.

a1) Características de los barcos. Al expresar el índice en TRB (o TRN) se introducen errores, ya que cierto tipo de barcos como los petroleros o mineraleros, dan una cifra mucho menor para unas dimensiones similares que los trasatlánticos por ejemplo.

La relación TRB/m.l. eslora aumenta grandemente con el crecimiento de la eslora; el tipo de barco que frecuente la instalación influirá decisivamente en el rendimiento alcanzado.

a2) Tiempo de operaciones. El periodo de trabajo y las interrupciones del mismo condicionan el rendimiento.

a3) Tipos de tráfico. Interviene por exigencias de permanecer en puerto el barco aunque no haga operación.

a4) Características de las instalaciones. Determina el tiempo en carga del barco.

a5) Características de la explotación. El disponer de amplias superficies de agua para poder hacer rápida y facilmente las maniobras, o la necesidad de reducir dimensiones por falta de espacio, puede ser causa de una alteración de índices de ocupación.

a6) Características del puerto. Las características propias del emplazamiento pueden introducir grandes alteraciones en la solución elegida; por ejemplo los puertos en rías amplias o bahías, pueden disponer de amplias superficies superdimensionadas sin gastos adicionales sin que en este caso sea negativo el resultado de índices bajos de aprovechamiento.

B) Datos y resultados

b1) Rendimientos generales. Algún autor francés estima que el rendimiento debe oscilar entre 100 y 200.000 TRN/Ha/año con media de 150.000 o sea alrededor de 200/225.000 TRB/Ha/año y otros italianos lo cifran en 80/100.000 TRN/Ha/año, o sea unas 125/150.000 TRB/Ha/año.

Los rendimientos oscilan entre los 100 y 500.000 TRB/Ha/año, según sea el tipo de puerto e incluso en algunos su--

deran los 600.000 TRB/Ha/año.

En el estudio que se realizó en España en 1969, se emplearon como cifras las siguientes:

Puertos de abastecimiento y escala..... 200.000 TRB/Ha/año

Puertos de carga intensa..... 80.000 TRB/Ha/año

Puertos de poca utilización..... 50.000 TRB/Ha/año

y como índices límites de los puertos ordinarios se fijaron:

Mínimo - 30.000 TRB/Ha/año

Normal - 60.000 TRB/Ha/año

En el Plan General de Puertos se adoptó el criterio siguiente:

TRB/Ha/año = 65/200.000 según las características del puerto.

Para la determinación de los índices medios de utilización del puerto se usó la fórmula:

$$\text{Media TRB/Ha/año} = \left(\frac{\text{TRB Pet.}}{3} + \frac{\text{TRB Pasaje}}{3} + \text{TRB resto}\right)/\text{Ha.}$$

Es preferible acudir a los rendimientos a base del TRB total sin reducción por tipo de barcos y tenerlo en cuenta según la función y tipo de puerto.

b2) Cifras adoptadas. El rendimiento adoptado (o sea el coeficiente a de la fórmula de la superficie total) es:

1º.- Puertos de escala y abastecimiento con índice Im/TRB $<$ 0,30..... 200/300.000 TRB/Ha/año

2º.- Puertos de carga rápida y petroleros..... 150/200.000 TRB/Ha/año

3º.- Puertos mixtos de índice 0,30 $<$ I $<$ 0,75..... 100/150.000 TRB/Ha/año

4º.- Puertos de carga pesada o de carga sin especializar con I $<$ 0,75..... 50/75.000 TRB/Ha/año

5º.- Pequeños puertos..... 30/50.000 TRB/Ha/año

Si se analizan los puertos se puede ver que en general los rendimientos coinciden con las clasificaciones de los índices generales; algunos casos que se separan se deben a circunstancias especiales, por la evolución de la construcción y desarrollo el puerto se encuentra con grandes super

ficies sin aprovechar de las antiguas dársenas o incluyen amplias zonas abrigadas sin calados apropiados deberían excluirse, etc.

3.4.1.3. Superficies Terrestres

En el cálculo de las superficies terrestres existe una mayor indeterminación que en las marítimas y es difícil poder dar datos generales ni aún aproximados.

Hay que distinguir dos partes fundamentales: superficies portuarias (de operaciones y complementarias) y superficies de zonas industriales.

En las de operaciones, se incluyen las dedicadas a zonas de carga y descarga, almacenamiento, circulación, reparaciones y astilleros, etc.

En las complementarias se incluyen las destinadas a almacenaje a largo plazo, actividades auxiliares, estacionamiento de vehículos, redes de ferrocarril y carretera, talleres, oficinas y servicios varios, etc.

La superficie será:

$$S_t = S_{tp} + S_{zi} = S_{op} + S_c + S_{zi}$$

donde

St = Superficie total terrestre

Stp = Superficies portuarias

Szi = Superficie de zonas industriales

Sop = Superficie de operaciones portuarias

Sc = Superficies complementarias

En el cálculo de la extensión del puerto sólo suelen incluirse las primeras Sop + Sc.

3.4.1.4. Superficies terrestres portuarias (operaciones y complementarias).

En el cálculo de las superficies terrestres portuarias suelen tomarse dos criterios diferentes: el estimar el total de terrenos necesarios para el conjunto de las zonas y actividades (incluso las complementarias) o el determinar las superficies necesarias para las zonas de operaciones e incrementar esta cifra en un porcentaje para incluir las superficies complementarias.

Como datos medios para el conjunto del puerto, (coeficiente

b) Zignoli, señala la cifra de 8 Tm/m²/año, e incluso puede llegarse a 10; se citan las cifras de 16 en Arpel; 10,5 en Burdeos y Nantes, 9,5 en Génova, etc. Algún autor francés da las cifras de 6 a 16 Tm/m²/año con cifras medias de 10 Tm/m²/año, es decir, 100.000 Tm/Ha/año.

Para el estudio del conjunto, Zignoli señala que la superficie de terraplén portuario debe ser:

$$Stp = 1,1\ (Sto + Sfc + Sca)$$

siendo Sto = terraplenes de operaciones, Sfc = superficies ocupadas por las vías férreas y Sca = superficie de carreteras.

Para Sto señala un rendimiento del 15/16 Tm/m²/año, lo que equivale a un rendimiento doble del que adopta para el conjunto del puerto, o sea que prácticamente la superficie de terraplenes y almacenes viene a ser la mitad del total terrestre portuario.

Las superficies de ferrocarril y carretera necesarias son muy variables; pueden deducirse a base de determinar la relación Lfc/Lm y Lc/Lm unida a la de Lm/Sa que depende del índice básico del puerto; un puerto medio llega a una media de 50 ó 60 mts. de anchura total por mt de muelle, similar a la superficie de terraplén de operaciones como antes vimos.

Dado que el disponer de superficies amplias es conveniente para la buena explotación del puerto y que las tendencias hacia la "containerización" y unidades de transporte va siendo grande con necesidad de mayores espacios, se estima que una cifra aceptable sería la de 6/T/m²/año para el conjunto del puerto y sólo en casos de necesidad o imposibilidad de disponer de mayor espacio llegar a los 8/T/m²/año.

3.4.1.5. Superficies de zonas industriales

La extensión de la zona es muy difícil de precisar, dependiendo de muchos factores, de los que algunos son independientes del puerto y otros están ligados entre sí, aparte del efecto multiplicador que sin duda ejerce el poder disponer de una zona apropiada para el montaje de industrias.

Como cifras medias, se puede admitir que una Ha de zona industrial produce un movimiento anual de 3 a 6.000 Toneladas de mercancías; estas cifras pueden elevarse hasta 20 ó 30.000 toneladas por hectárea y año en las refinerías y acerrías e incluso más en ciertas industrias transformadoras. En conjunto, y teniendo en cuenta los espacios necesarios para viales, servicios complementarios, etc., se puede aceptar la cifra antes apuntada de 3/6.000 toneladas con media de unas 5.000 toneladas.

No hay que olvidar que si se crea una nueva zona industrial anejo al puerto existente, originará un aumento de tráfico y en consecuencia se necesitarán nuevas superficies portuarias de agua y terraplenes, así como líneas de atraque.

Por término medio, -teniendo en cuenta el carácter de puerto de carga de los puertos industriales- cada 100 Has de zona industrial exige un aumento de 6 a 10 Has de zonas terrestres portuarias, una extensión igual o mitad de la anterior para zonas marítimas y alrededor de 500 metros de muelles, debiendo por tanto preverse los terrenos necesarios para la ampliación del puerto.

3.4.2. Necesidades por zonas portuarias

La determinación de las necesidades del puerto de acuerdo con el método anterior sirve solo para dar una idea somera de las de conjunto del puerto, pero en cambio puede dar origen a grandes errores en ciertos casos, si no se analizan las características del tráfico, pues pueden existir circunstancias que alteren los supuestos de partida.

Hay que tener en cuenta que en el puerto coexisten tráficos muy heterogéneos -salvo el caso de los puertos especializados- con necesidades muy diferentes, tanto en superficies de agua y tierra como en longitudes de muelles, y donde las zonas comunes -entradas y superficies de maniobras marítimas y enlaces y aparcamientos terrestres- suponen una parte muy importante del conjunto portuario, con extensiones casi fijas independientemente del volúmen de tráfico del puerto.

Podríamos señalar multitud de casos y ejemplos, pero para reforzar la opinión anterior nos bastará los dos casos siguientes:

1º.- Dos puertos, de iguales características de tráfico, con 10 y 3 millones de TRB anuales respectivamente, con superficie de evolución de R = 300 mts. y de índice Ig < 0,30.

En el primer puerto, Sa = 40 Has y en el segundo 12 Has, tomando en ambos casos como rendimientos 250.000 TRB/Ha/A.

Estos resultados, que teóricamente podrían aceptarse, sin embargo en la realidad son inaceptables, puesto que la superficie de evolución (incluida dentro de la superficie deducida) sería en ambos casos de 28 Has, es decir, que en el primer caso quedarían solo 12 Has de dársenas con rendimientos de más de un millón de TRB (inaceptable) y en el segundo la zona de evolución

es mayor que la deducida para superficie total del puerto.

Esto indica que es necesario separar las superficies generales marítimas de las restantes de cada dársena al calcular las extensiones de agua.

2º.- De la misma forma, dos puertos con tráficos similares, pero que en uno se produzca una evacuación directa terrestre, sin necesidad de almacenes o parques de estacionamiento y clasificación de vehículos, y en el otro en cambio se utilicen las instalaciones de almacenamiento durante tiempo prolongado producirán unas necesidades terrestres muy diferentes.

Mucho mayores serán aún estas diferencias, si se trata de puertos con instalaciones de características distintas, donde sus capacidades varían grandemente.

Es necesario distinguir en el puerto tres zonas claramente diferenciadas:

a) Zona marítima: destinada a entrada, superficie de evolución, maniobra y fondeo.

b) Zona terrestre: comprende los enlaces con las redes generales del transporte terrestre; superficie de aparcamiento y estacionamiento; servicios generales y varios, etc.

c) Zona de operaciones marítimo terrestre: que es el corazón del puerto y que está formada por los muelles y la zona de flotación y terraplenes correspondientes a cada muelle.

Estos pueden tener las más variadas formas y distribuciones y agruparse en dársenas, constituir espigones o formar alineaciones a lo largo de riberas o diques. Para el dimensionamiento es lo mismo, ya que en resúmen se tratará de una serie de unidades yuxtapuestas, constituidas cada una por muelles, dársenas y terraplenes.

La superficie general del puerto será la suma de todas las superficies anteriores y tendrá la expresión:

$$S_T = S_{GA} + \sum (Szl + Sz2 \ldots) + S_{GT}$$

donde

ST = Superficie total del puerto

S_{GA} = Superficies de las zonas generales de agua

S_{GT} = Superficies de las zonas generales terrestres

Szl = Superficie de cada zona portuaria de operaciones (agua + tierra)

3.4.2.1. Superficies generales marítimas

Son difíciles de concretar y delimitar, ya que su extensión depende mucho de las condiciones y características del emplazamiento del puerto.

En cualquier caso sus dimensiones vienen impuestas por las características del barco tipo de cálculo, interviniendo el volúmen de tráfico a efectos de la dimensión de las zonas de fondeadero o espera.

En el caso de puertos muy importantes es conveniente y necesario mantener más de una zona de evolución y en ciertos casos más de una entrada.

En las superficies se incluyen únicamente las superficies abrigadas, de las zonas exteriores a las entradas o diques de los puertos.

A) Entrada. Desde la entrada y paso entre morros de dique o canal de entrada (natural o dragado) hasta llegar a zonas sin obstáculos laterales.

a1) Calado. Viene determinado por las necesidades del barco o por las condiciones de navegación.

a11) Por condición de rompientes $H \geq 4h$

a12) Por necesidades del barco $H \geq C + 2h + 1$

$H \geq C + 0{,}60 + S_a + S_r$

En las expresiones anteriores

H = Profundidad

h = Semialtura de la ola

C = Calado del barco

S_a = Suplemento de aterramientos

S_r = Suplementos varios

a2) Anchura. Debe tener anchura igual o superior a las siguientes:

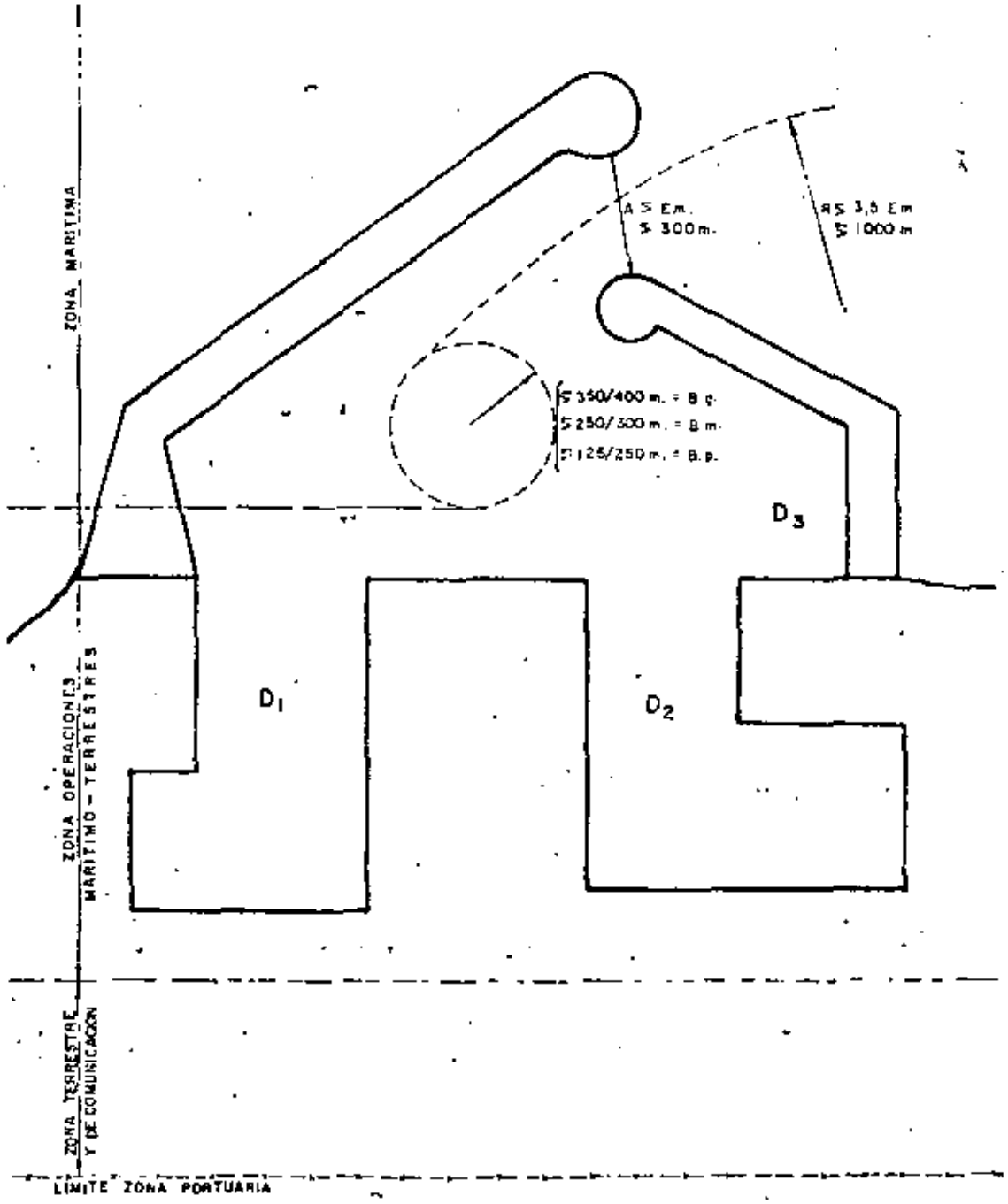
$A \geq E$ (máximo barco de entrada)

$A \geq 250$ metros en grandes puertos

$A \geq$ paso ruta de entrada del barco con ángulo con la dirección del temporal $< 15º$ y radio $R \geq 3E$

a3) Orientación. Debe ser la óptima entre las condiciones de facilidad de entrada del barco y abrigo contra el temporal.

ESQUEMA DE ENTRADAS Y DARSENAS



B) Zonas de evolución y maniobra. Las superficies de maniobra deben ser suficientes para que permitan evolucionar al barco y realizar sus maniobras; es suficiente dejar una superficie que permita inscribir dentro de ella el círculo de evolución.

Con las condiciones de maniobra de los barcos modernos y teniendo en cuenta que el puerto se dimensiona para el máximo barco teórico en relación con el tipo de puertos se pueden aceptar las siguientes cifras:

b1) Grandes puertos o puertos frecuentados por grandes puertos $R \geqslant 300$ mts.

b2) Puertos medianos $300 > R \geqslant 200$ mts.

b3) Pequeños puertos $200 > R \geqslant 100$ mts.

Como es natural la superficie de la zona de evolución no tiene por que ser circular, sino permitir el desarrollo de la curva de evolución y puede tener muelles o atracaderos circunscritos a ella con tal de que no interfieran las maniobras de los barcos.

El calado de los barcos debe ser como mínimo $H > C + 2h + 0,60$; la altura 2h del oleaje debe ser lo más reducido posible de acuerdo con la propagación del oleaje.

C) Zonas de fondeo. Incluyen las necesarias para el fondeo de los barcos que estén esperando en puerto por cualquier causa.

El fondeo puede realizarse al ancla o sobre elementos de amarre.

Si se fondea sobre boyas, la superficie necesaria será:

$$S = \sum (D \times M \times C)$$

donde D = distancia entre puntos de amarre; M = manga del barco amarrado; C = coeficiente corrector que oscila de 2 ó 3.

Si se fondea a la gira el barco gira barriendo una superficie cuyo centro es el ancla y el radio será la longitud de cadena de fondeo más la eslora del barco. La longitud de la cadena podemos tomarla aproximadamente 1,1C + 5 H y el área total de fondeo sería:

$$S_2 = \sum \mu (E + 1,1C + 5H)^2$$

D) Superficie marítima general. Las superficies totales marítimas de tipo general serían como mínimo:

$$S_{TM} = S_E + \mu R^2 \ (300,\ 200,\ 100) + S_F$$

donde S_E = superficie de los canales de entrada

πR^2 = superficie de evolución y maniobra

S_F = superficies de fondeo

La superficie real será siempre mayor, por espacios perdidos, zonas sin posible aprovechamiento, etc.

Asimismo, si existiera más de una zona de evolución o fondeo, aunque sean interiores, deberán unirse a estas y no contar a efectos de rendimientos.

3.4.2.2. Superficies de las zonas portuarias independientes

La célula básica del puerto es el conjunto formado por el muelle de atraque y las superficies de agua y tierra contiguos al mismo que permiten acercarse a la frontera del muelle a los dos sistemas de transportes -barcos y unidades terrestres-.

Se comprende la conveniencia de dimensionar lo mejor posible las líneas de atraque con sus superficies anejas (tierra y agua) ya que es tanto como asegurar un equilibrio en la explotación del puerto.

Al realizar un estudio previo de superficies portuarias es común proceder a dimensionar por un lado las dársenas, por otro las líneas de atraque y por otros las zonas terrestres, mediante datos experimentales.

Esto no es lógico, ya que el elemento básico y fundamental es el muelle y las zonas de agua y tierra se dimensionan para que los barcos y medios terrestres puedan entrar y salir facilmente hasta él y realizar sus operaciones.

Lo lógico es dimensionar la zona portuaria a base de determinar longitud de muelles necesarios y, posteriormente, las superficies de agua y tierra afecta a los muelles.

3.4.2.3. Líneas de atraque

La determinación de las necesidades de muelles se hace en este método por el rendimiento en Tm/m.l./año. Permite una solución rápida, aunque es recomendable el estudio de las circunstancias de cada caso y adoptar los rendimientos medios.

Hay que tener mucha cautela al adoptar cifras o resultados deducidos de otros puertos, pues lo que en unos puertos puede ser solución correcta, en otros no lo será y se pueden originar graves equivocaciones.

Es preferible estudiar cada problema por separado y escoger la solución según las circunstancias que se presenten.

A) Rendimientos medios de operaciones. Se cifran en Tm/m.l./año o bien en Tm/atraque/año, refiriéndose el índice $I_{rm} = \frac{T_m}{L_m}$. Los datos dan los índices mínimos de utilización de las instalaciones portuarias o de los utillajes básicos, y varían según sea el tipo de mercancía, la instalación, etc. Toda mejora que afecte a la capacidad de trabajo de la instalación redunda en un aumento del índice de utilización.

Los datos que se utilizan son bastante homogéneos entre los especialistas de los diferentes países; las diferencias que pueden observarse se refieren a muelles muy especializados o con gran densidad de tráfico, que dan resultados superiores a las medias usuales.

Las cifras medias son las siguientes:

A1) En España. Plan de Puertos 1.968/1.971.

1) Mercancía general diversa..... 550 Tns/m.l./año
2) Graneles sólidos sin instalaciónespecial1250 Tns/m.l./año
3) Pesca fresca descargada..... 70 Tns/m.l./año
4) Pesca congelada o bacalao verde ..... 250 Tns/m.l./año

En cuanto a los utillajes, las cifras dadas eran:

1) Grúas de 3 Tns en mercancía general..... 30.000 Tns/año
2) " " 3 " " graneles..... 45.000 " "
3) " " 6 " " mercancía general..... 40.000 " "
4) " " 6 " " graneles..... 70.000 " "
5) " "12 " " graneles..... 100.000 " "

A2) En el extranjero las cifras correspondientes son las siguientes:

a) Rendimientos medios de descarga

Amberes..... 950 T/m.l./a
Rouen..... 800 " "
Burdeos..... 680 " "
Rotterdam..... 560 " "
Bristol..... 420 " "
Génova..... 689 " "

En el estudio de Zignoli, señala como cifras de muelles las siguientes:

En función de la carga P transportada por el barco, medidos en toneladas:

$$L_m = 7,00\sqrt[3]{P}$$

b) Mercancía general.- Los valores suelen oscilar hacia un máximo de los 700 t/m.l., lo que supone alrededor de las 100.000 Tns. por atraque.

Si se trata de un muelle de "containers" los rendimientos son mucho más altos, llegando a valores 3 ó 4 veces más altos que los anteriores, señalándose como valor mínimo las 2.000 T/m.l. y aún algunos autores llegan a las 3.000 T/m.l.

Para muelles destinados en cargamentos completos y homogéneos que permiten una normalización de la operación, los rendimientos suelen ser superiores a los normales, y aunque no pueden darse cifras medias, puede hablarse de cifras de 1000 a 1500 T/m.l./a para un atracadero especializado.

c) Graneles sólidos.- En este punto, es donde más se nota la influencia de la instalación, dependiendo los rendimientos de su capacidad de manipulación.

En los puertos modernos se mueve en general el granel mediante instalaciones especiales siendo muy caro el empleo de medios ordinarios.

Los rendimientos que se dan suelen ser por atraque de acuerdo con la potencia de la instalación.

Como cifras pueden señalarse las siguientes:

c_1) Cereales. Puede llegarse a cifras del millón de toneladas año por atraque. Génova llega en algún silo a rendimientos prácticos de 5.000 T/m.l./año.

c_2) Líquidos varios. Se puede fijar en 500.000/700.000 Tns/atraque.

c_3) Minerales. En este tipo de mercancías, varía mucho el rendimiento según se trate de carga o descarga.

Los ritmos de descarga varían de 600 a 2.000 T/hora y los de carga de 1.000 a 5.000 T/hora.

Una cifra media puede tomarse alrededor de las 1.000 T/h. y utilización de 1.500 a 2.500 horas/año, siendo aceptable la cifra media de 2.000.000 T/año por atraque.

c_4) Petróleos. Hay que diferenciar un atraque de refinería recibiendo crudos o exportando productos refinados, de un puerto ordinario que reciba productos refinados.

Por otro lado interviene de manera decisiva el tamaño del barco, ya que cuanto mayor es mayor es el ritmo de operaciones y menores las pérdidas de tiempo aumentándose la tasa de ocupación del atraque.

Como datos medios se dan:

c_{41}) Descarga de crudos..... 2 á 3 millones de Tns. atraque y año.

c_{42}) Descarga de refinados.... 1 á 2 millones de Tns. atraque y año.

c_{43}) Operaciones en muelles ordinarios..... 3/5.000 T/m.l./año.

c5) Pesca. Las cifras son variables, según el tipo de barco e incluso del puerto, pero se citan corrientemente las 100 Tns/m.l./año.

El rendimiento por instalaciones puede fijarse en cada puerto de manera más eficaz atendiendo al ritmo de trabajo de cada equipo de manipulación.

El rendimiento será función del número de escotillas; número de horas de trabajo por día; número de días de trabajo por año, o lo que es lo mismo del grado de ocupación del muelle (se supone que el barco inactivo no debe estar ocupando un atraque de una zona de operaciones); y finalmente de la capacidad o potencia del equipo de manipulación.

Con estos supuestos, el rendimiento puede evaluarse de la siguiente forma:

$$R_m = \frac{N \times n \times C \times t \times 365}{E \times 1,25}$$

en la que

N = número de escotillas en trabajo.

n = número de horas trabajadas.

t = tm/hora de rendimiento por escotilla.

C = coeficiente de utilización del muelle.

E = eslora del barco.

Para carga general puede fijarse de manera aceptable que t = 15/20; n = 8; que N suele ser 3 ó 4 como mínimo para evitar "escotillas largas" que marquen tiempos excesivos, y que E = 100 de media mínima para mercantes ordinarios con un aumento del 25% para tener en cuenta amarres.

En cuanto a c depende fundamentalmente, por un lado de los resultados de comparar costos de disponer de instalaciones superabundantes o de exponerse a pagar demoras por no disponer de atraques, y por otro de los problemas de almacenamiento y evacuación que se originan en los puertos muy congestionados.

Como valor medio suele aceptarse de forma casi general la de C = 1/2.

Con estos supuestos el rendimiento medio sería:

$$R_m = \frac{1/2 \times 4 \times 6 \times 13 \times 365}{100 \times 1,25} \simeq 630 \text{ tm/m.l./a.}$$

Las cifras máximas que se citan en algunos puertos suelen ser debidas a aumentos en el valor de t (ó por tratarse de cargas homogéneas que permiten un mayor número de ciclos ó por cargas más pesadas) y también a mejoras de N; es difícil superar el valor medio de N y de C aunque este llegue a veces a cifras de 0,6/0,7.

En cuanto a los valores mínimos, generalmente se debe a una baja utilización de los muelles, (por no existir tráfico), así como a que la carga por escotilla destinada al puerto es pequeña.

En el caso de graneles ordinarios movidos por cucharas y grúas, pueden aceptarse como valores medios los siguientes:

$N = 4$, $t = 40$, $C = 0,5$, $n = 10$, $E = 120$, $R_m \simeq 1.920$ Tns., cifra a la que debe tratarse de llegar.

C) Ocupación de muelles

Otra forma de fijar los rendimientos de los muelles se basa en la utilización de los atraques disponibles; este sistema debe emplearse sobre todo en los puertos de escala y avituallamiento y en los cargaderos de petróleos o minerales.

En este último caso el estudio es más sencillo ya que en general se trata de instalaciones para un solo usuario que puede programar sus operaciones y por tanto los ciclos de llegadas de los barcos.

No hay duda que es conveniente el aumentar las disponibilidades de atraque pues cualquier congestión de tráfico debido a falta de instalaciones origina un aumento en los gastos de la operación, por lo que debe proyectarse con amplitud de miras.

A título meramente indicativo, y adelantándose al estudio matemático se puede decir que en los muelles de mercancía general la ocupación más favorable es la del 50%, cifra que debe tomarse como límite superior en una planificación por producirse una serie de problemas de explotación y gastos en los muelles que tienen cifras de ocupación más alta; incluso en ciertos casos, este límite debe ser aún menor llegando algunos especialistas a cifrarlo en el 40%.

La cifra empírica del índice de ocupación de los muelles, viene dado por:

$$I_{oc} = \frac{(1,25\ E \times (T + t)}{L \times 365 \times 24} \gtrsim 0,5$$

siendo

E = eslora del barco.

T = tiempo de estancia de cada barco.

t = tiempo de reserva del atraque.

L = longitud del muelle considerado.

3.4.2.4. Superficies de agua (dársenas)

Conocida la longitud de la línea de atraque, la superficie de agua necesaria se deduciría simplemente por la anchura que debería tener la dársena o canal en el que esté situado el muelle para permitir el atraque del barco (o de los barcos si se trata de una dársena cerrada con muelles en ambos lados) y las maniobras de entrada y salida de otros barcos.

En el estudio previo del puerto (o en un anteproyecto) es preferible simplificar el trabajo mediante el cálculo de los rendimientos posibles de las dársenas, considerando que son una superficie de agua afecta a un muelle y que según sea de intenso el tráfico de este muelle y sus características se originará una mayor o menor ocupación de las dársenas.

Existen por tanto una serie de factores que afectan a este rendimiento: característica TRB/eslora del barco; permanencia en puerto; (el índice se refiere al TRB entrado o salido, no al de ocupación diaria); índice Lm/Sa, (metros de muelle por hectárea de agua) puesto que cuanto más metros de muelle existan por Ha de agua mayor rendimiento se sacará a la superficie disponible; ocupación del muelle por causas de la operación portuaria, etc.

Con estos datos, una posible fórmula del índice de aprovechamiento por atraque puede ser:

$$T_b = 365 \times C_1 \times C_2 \times C_3 \times L$$

siendo: T_b = TRB/Ha/año; C_1 = TRB/m.l., eslora del barco tipo;

C_2 = m.l. muelle/ha agua; y C_3 = ocupación del muelle y

$L = E \times 1{,}25$.

Es decir, que conocido el tipo de barco medio que frecuentará la dársena y las características de ésta y del tráfico se puede deducir el T_b.

Si la dársena está definida por sus contornos y sus anchuras proporcionadas de forma que no sobre agua, la ocupación sería:

$$T_c = \sum T_b$$

Si la dársena no está cerrada (por ejemplo, un dique muelle de abrigo separado de costa dejando una gran superficie de agua para maniobras, etc., que no puede imputarse como dársena del muelle sino más bien como superficie general de agua) debe señalarse la parte de agua que es influencia del muelle.

El Plan de Puertos Español del año 1.967, determina un posible índice T_b, a base de considerar como superficie de agua la correspondiente a la longitud del muelle multiplicada por la eslora del máximo barco que ha utilizado; después utiliza un coeficiente C (véase tabla adjunta) deducido del TRB medio del puerto.

En la fórmula de rendimiento señalada, hay que tener en cuenta que el coeficiente C_1 se deduce de las curvas de los barcos (ver los gráficos correspondientes); el coeficiente C_2 depende del tipo de puerto y el coeficiente C_3 de dos factores que son el de ocupación media y el de días de estancia del barco.

Por la diversidad de características y condiciones, no pueden darse normas generales, sino que deben separarse por tráficos.

A) Tráficos de escala y abastecimiento. Son los que dan mayores rendimientos; las dársenas deben ser amplias en superficie para facilitar la maniobra y evitar en lo posible remolcadores, etc.

El calado será 0,60 mts. mayor que el del mayor barco; las dimensiones en planta, permitirán el giro del barco sobre el muelle, es decir B = 1,5E; si la dársena es en U, la relación L/B debe ser de 2 x 1 ó 3 x 1.

El rendimiento de éstas dársenas debe tómarse como media:

$$\frac{TRB}{Ha/A} \simeq 300/500.000$$

B) Tráfico de petróleos. Si se trata de refinerias y la instalación está situada dentro de puerto las condiciones de la dársena serán similares a las anteriores. El rendimiento será algo menor que el de los anteriores pudiendo tomarse:

$$\frac{TRB}{Ha/A} \simeq 250.000$$

Tabla de coeficientes "C" en función del T.R.B. medio	
T.R.B. medios	C
Menos de 500	1,00
501 - 750	0,84
751 - 1.000	0,73
1.001 - 1.250	0,63
1.251 - 1.500	0,63
1.501 - 2.000	0,60
2.001 - 2.500	0,56
2.501 - 3.000	0,52
3.001 - 3.500	0,49
3.501 - 4.000	0,46
4.001 - 4.500	0,43
4.501 - 5.500	0,40
5.551 - 7.000	0,36
7.001 - 10.000	0,30
10.001 ó superiores	0,27

C) Tráfico comercial intenso. En estos casos las dársenas pueden ser más estrechas haciendo la maniobra mediante remolcadores; su anchura puede oscilar entre 3 y 5 mangas del barco tipo.

Los rendimientos exigibles pueden tomarse en:

$$\frac{TRB}{Ha/A} = 100/150.000$$

D) Tráfico comercial pequeño. La forma y dimensión de las dársenas son similares a las del caso anterior; el rendimiento es menor pudiendo adoptarse:

$$\frac{TRB}{Ha/A} = 75/100.000$$

E) Tráfico pesquero. En este caso las dársenas -dada la eslora reducida de estos barcos- pueden ser de forma rectangular alargada y basta con anchuras de 100/125 mts.

Según el tipo de barcos, se pueden aceptar las siguientes cifras:

- Barcos congeladores o de gran altura.. 75.000 TRB/Ha/A
- Arrastreros medianos..... 30.000 TRB/Ha/A
- Pequeños barcos de bajura..... 10.000 TRB/Ha/A

En estos puertos, sin embargo, es preferible dimensionarlos en función de la línea de atraque necesaria, ya que estas necesidades son muy superiores a las deducidas por los otros aspectos.

F) Astilleros. Debe dimensionarse de acuerdo con las características de la instalación. Sus necesidades se derivan de las líneas de atraque para los barcos amarrados debiendo dejar anchura suficiente para su maniobra. En lo referente a diques secos y flotantes, deberá dejarse delante como mínimo una calle libre con longitud de 2 a 3 eslores del barco formando un círculo de giro y maniobra para el conjunto de diques, gradas y muelles.

G) Recreos. No presenta ninguna dificultad por la pequeña eslora de los barcos y su fácil evolución. Su dimensionamiento se hace atendiendo a necesidades de atraque, disponibilidad de espacio, consideraciones de tipo turístico o urbano, etc.

3.4.2.5. Superficies terrestres de operaciones

A) Función y características de la zona

Al igual que las superficies de agua de las dársenas consti

tuyen un conjunto inseparable de la línea de muelles y tienen una función similar para permitir la llegada del transporte terrestre hasta enlazar con el marítimo.

Al mismo tiempo sirve de zona de trabajo de los utillajes e instalaciones de carga y descarga terrestres y finalmente se utiliza como zona de almacenamiento cuando la evacuación o llegada por tierra no es directa.

Su importancia es decisiva para el funcionamiento del puerto ya que en ella es donde se realiza realmente en enlace de ambos sistemas del transporte y es uno de los factores fundamentales en la explotación del puerto y sus resultados finales.

Su dimensionamiento depende de múltiples circunstancias y prácticamente no pueden darse cifras generales; el tipo de tráfico y su forma de transporte; el sistema de evacuación; la forma de realizar operaciones; la función del tráfico y otra serie de aspectos hacen imposible la generalización, por lo que es necesario examinar cada tipo de tráfico por separado.

Los casos más significativos son:

- Mercancía general ordinaria.
- Transportes combinados (Containers y ro / ro).
- Graneles sólidos.

B) Mercancía general ordinaria

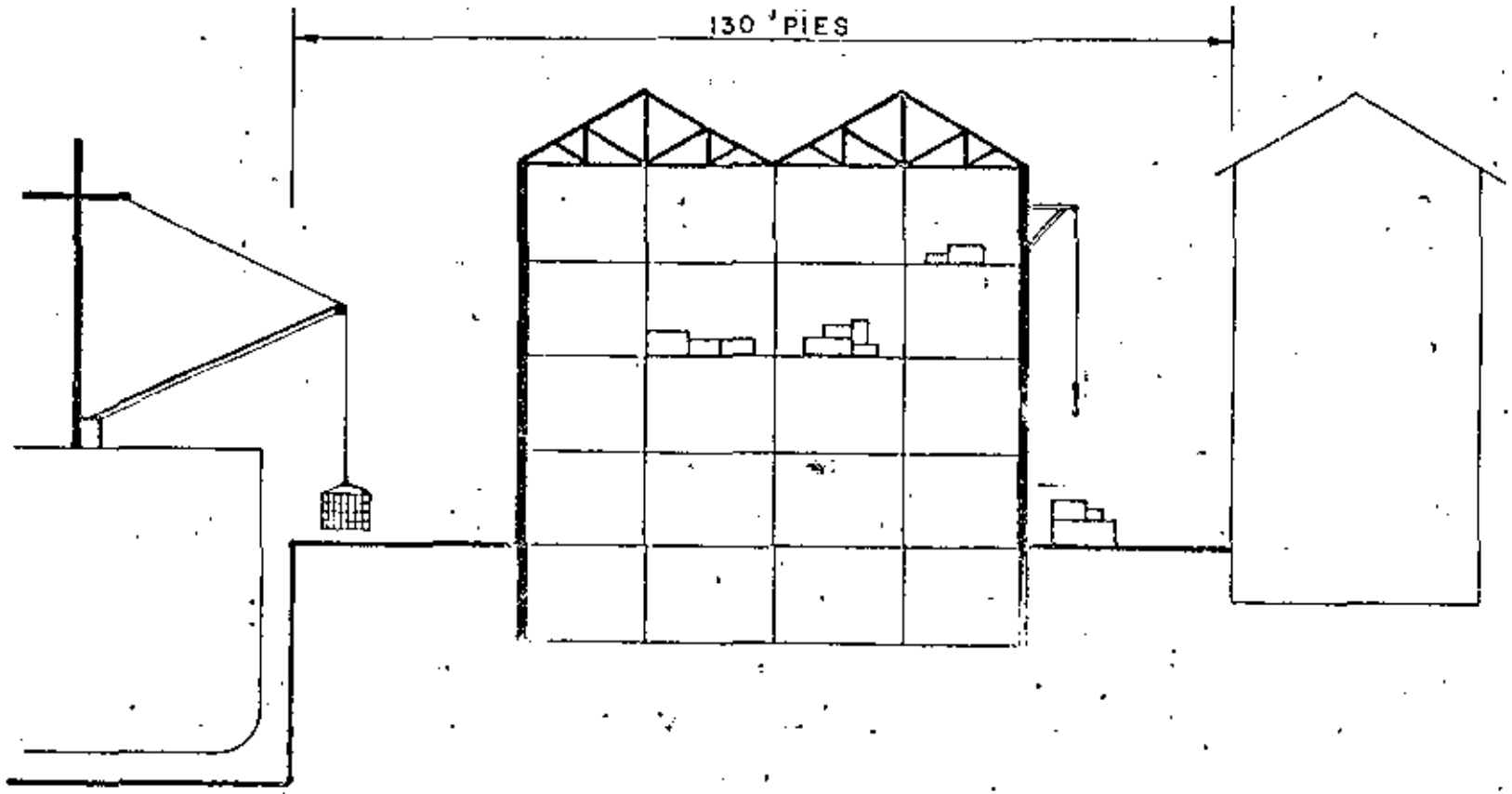
Es la que origina más problemas en tierra por sus especiales características y condiciones. Generalmente suele moverse en pequeñas partidas que necesitan reagruparse y ser sometidas a diferentes procesos de marcado, inspección, etc., por lo que en su casi totalidad su paso se realiza a través de almacenes cubiertos o zonas de almacenaje al aire libre.

B_1) Sección tipo:

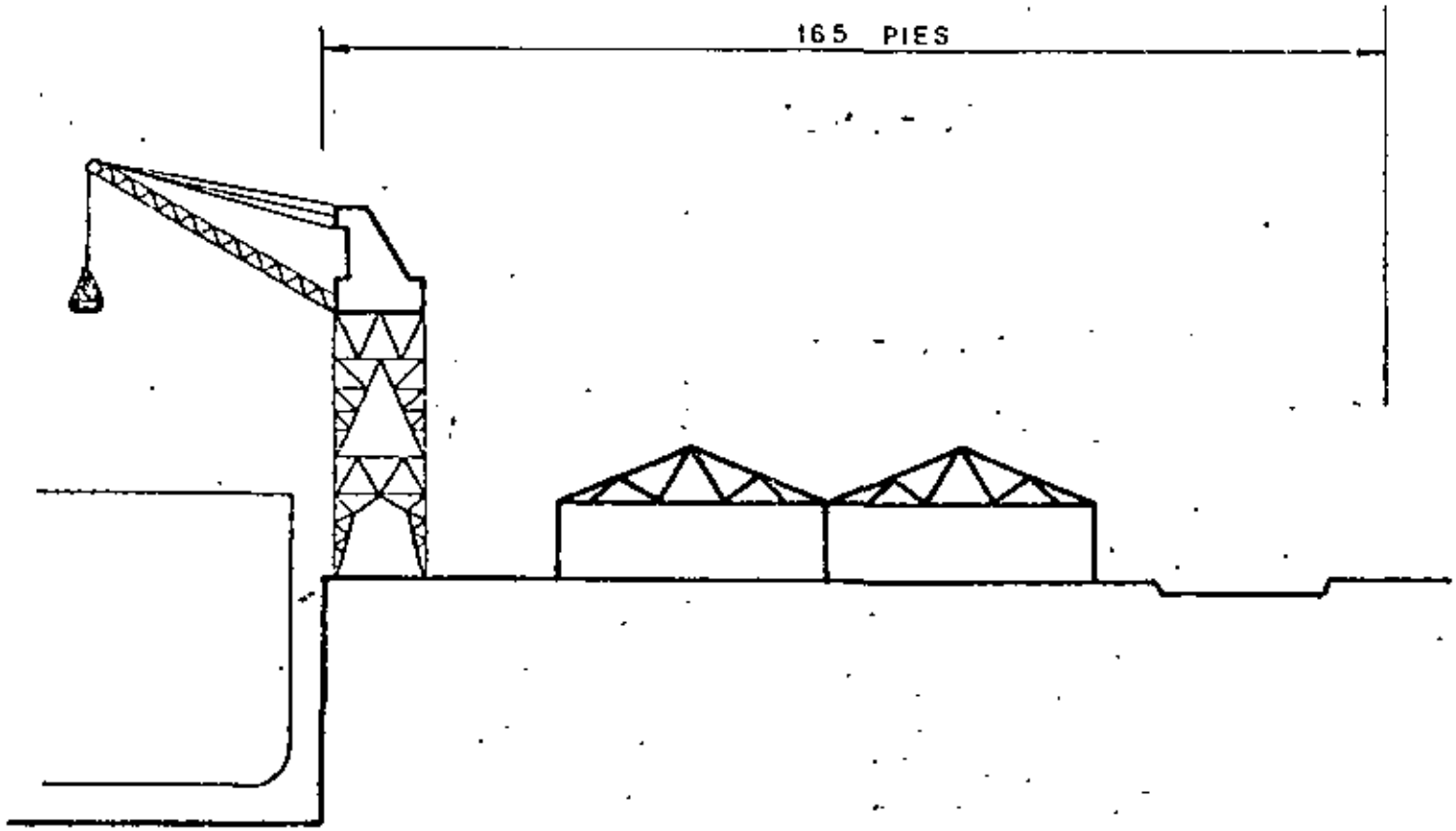
El esquema de la zona terrestre de operaciones es:

- Zona de operaciones de carga y descarga.
- Zona de almacenamiento.
- Zona de vías terrestres de enlace.

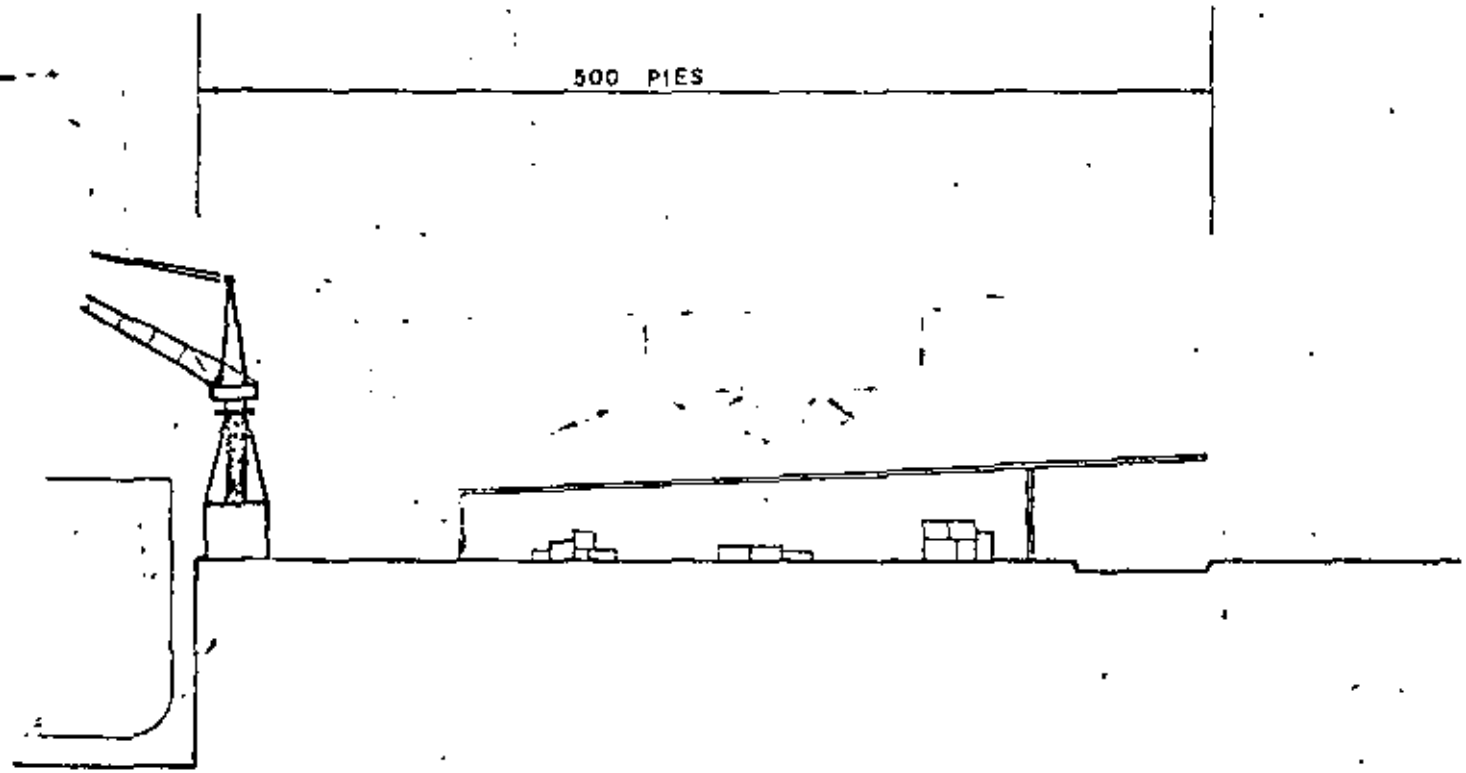
Las dimensiones y aún la función de estas zonas han evolucionado a lo largo del tiempo con la aparición de los nuevos utillajes y medios de carga y difieren mucho entre países debido a la diferente concepción del trabajo de los puertos sobre todo entre americanos y europeos según se utilice básicamente el equipo



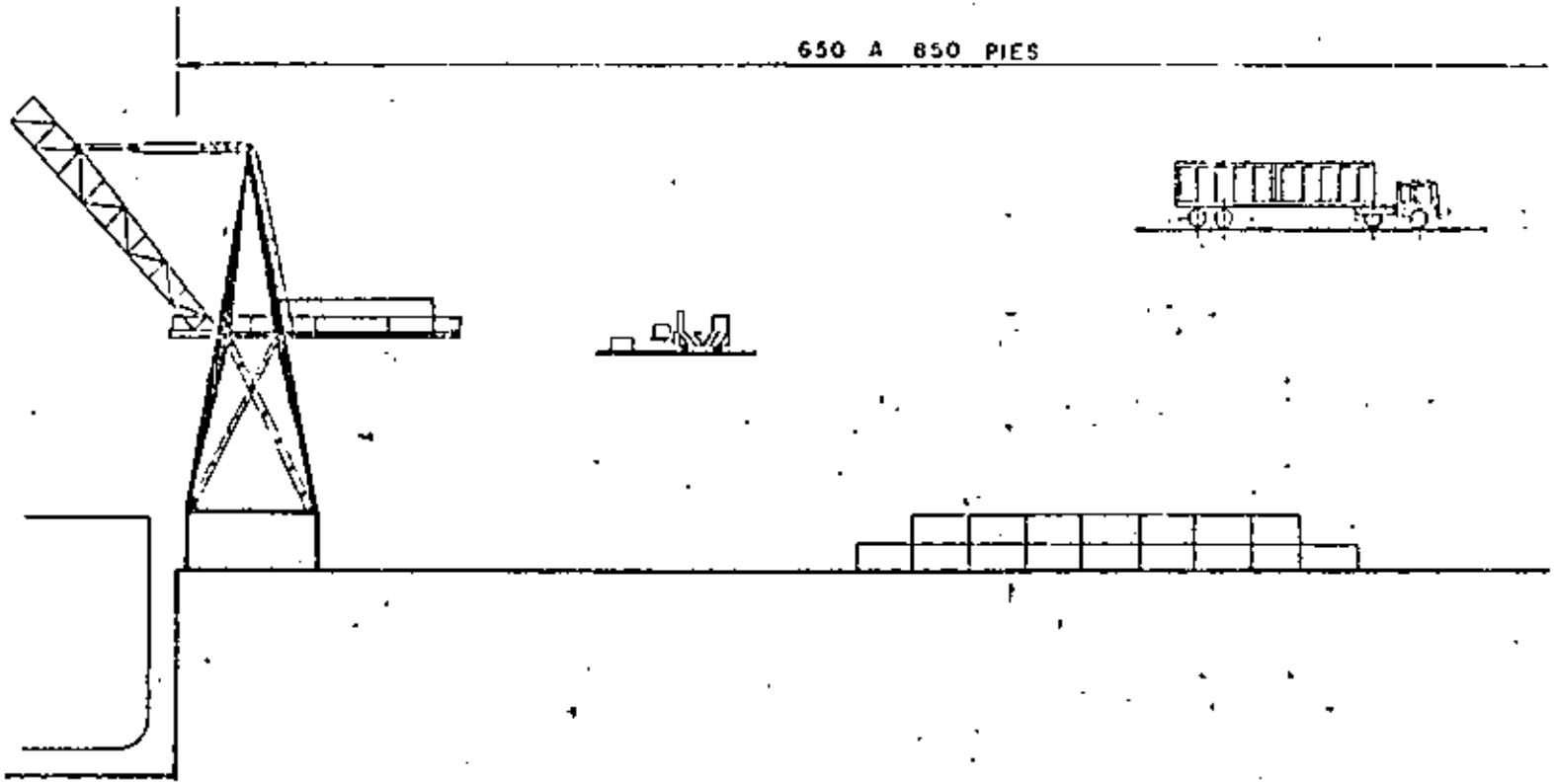
1.900



1.920 – 30



1.955 - 65



1.966

del barco o el equipo portuario.

En cualquier caso -y debido fundamentalmente al desarrollo de los medios de transporte en horizontal y por las indudables ventajas de disponer de amplios espacios- ha ido aumentando considerablemente la dimensión transversal.

Entre 1900 y 1965 ha pasado de 40 metros a más de 150 y cuando se trata de transporte de containers llega a los 250 metros. (Ver comunicacion inglesa XXII Congreso I. Navegación).

Esto supone una revolución total en los supuestos de la planificación y dimensionamiento y significa que prácticamente, son aprovechables muy pocos de los antiguos muelles existentes.

Hoy día se pueden tomar como valor aconsejable medio para los muelles de carga general varía de 100 a 150 metros de anchura.

Si se trata de espigón doble esta dimensión puede reducirse algo, ya que en algunos servicios son comunes, pudiendo fijarse en total una anchura para el conjunto de 150 a 250 metros.

B2) Zona de carga y descarga

Es la más importante ya que su función es prácticamente la misión del puerto: punto de enlace entre el tráfico terrestre y el marítimo.

Su anchura ha ido creciendo por una serie de causas, pudiendo distinguirse dos tipos:

- Muelles europeos (con utillaje terrestre).
- Muelles americanos (con equipo del barco).

En los muelles con utillaje terrestre, la anchura depende mucho del sistema de evacuación empleado, número de vías férreas de servicio, tipos de grúas, etc.; así como de la solución que se escoja para la separación o coexistencia del tráfico ferroviario y camionero.

Lo que no hay duda es que cuanto más amplia sea la zona aumentan los rendimientos y mejora la eficacia de la operación.

En la comunicación francesa al XXII C.I. Navegación (sección II. Punto 6), indican que en Marsella las cifras de rendimiento en función de la anchura de la zona es la siguiente:

Anchura de zona	Tn/hora/equipo
11,50 m	13,5
18,30 m	15,3
21,00 m	17,0
26,00 m	16,00

En general las anchuras varían hoy día desde los 20 a los 40 metros.

Los de menor anchura son los que tienen un tráfico ferroviario intenso y entonces se reserva la frontera para el servicio del ferrocarril con dos o tres líneas dejando solo un andén para el servicio del tinglado, realizando el tráfico de carretera por la parte posterior del tinglado.

En España se ha seguido en general la trayectoria de los puertos europeos a base de operar con grúas pórtico y dejar amplias zonas delanteras entre frontera de muelles y tinglados con anchuras de 15 a 20 metros; la disposición más común es la de vía de grúas -con gálibo suficiente para el paso de una vía férrea- y 2 ó 3 vías de ferrocarril.

En puertos como Las Palmas que opera a base de puntales, esta zona tiene 16 metros como mínimo, lo que supone una gran ventaja para la explotación.

En resúmen, la anchura de esta zona debe ser 20 metros y en cualquier caso mayor de 15 metros.

En los muelles que operan con equipo del barco y que son muy usados por los americanos la anchura de esta zona es muy inferior ya que el puntal no domina más que una parte relativamente estrecha del muelle.

En el libro Port Desing and Construction, publicado por "The American Asociation of Port Authorites" se dan como dimensiones medias las siguientes:

Anchura de la zona de operaciones.	Sin vías férreas (pies)	Con 1 vía (pies)	Con 2 vías (pies)
Muelles	31	35	42,05
Pantalanes	16	25	33,50
Media	21	26 1/2	39,1/2

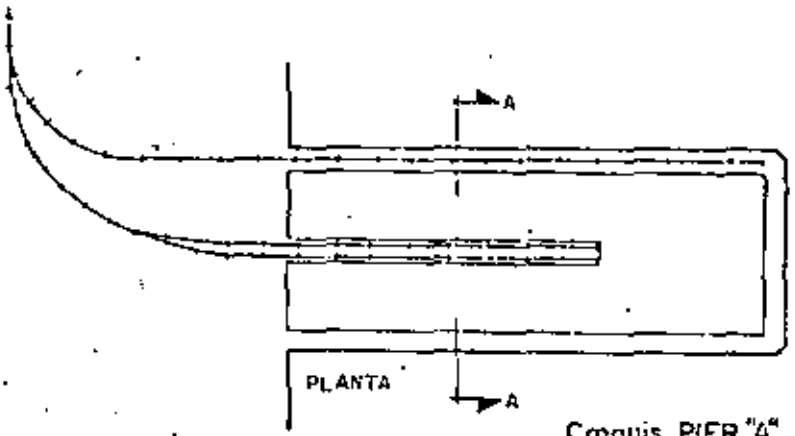
Como recomendación estiman que las dimensiones pueden ser:

<u>Anchura mínima</u> = 30 pies (≃ 9,00 m)

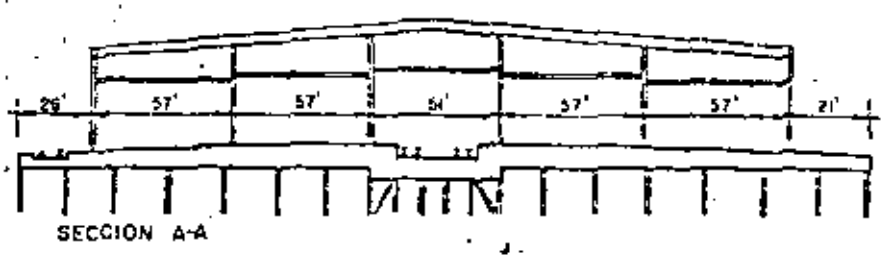
<u>Aumentos varios</u>

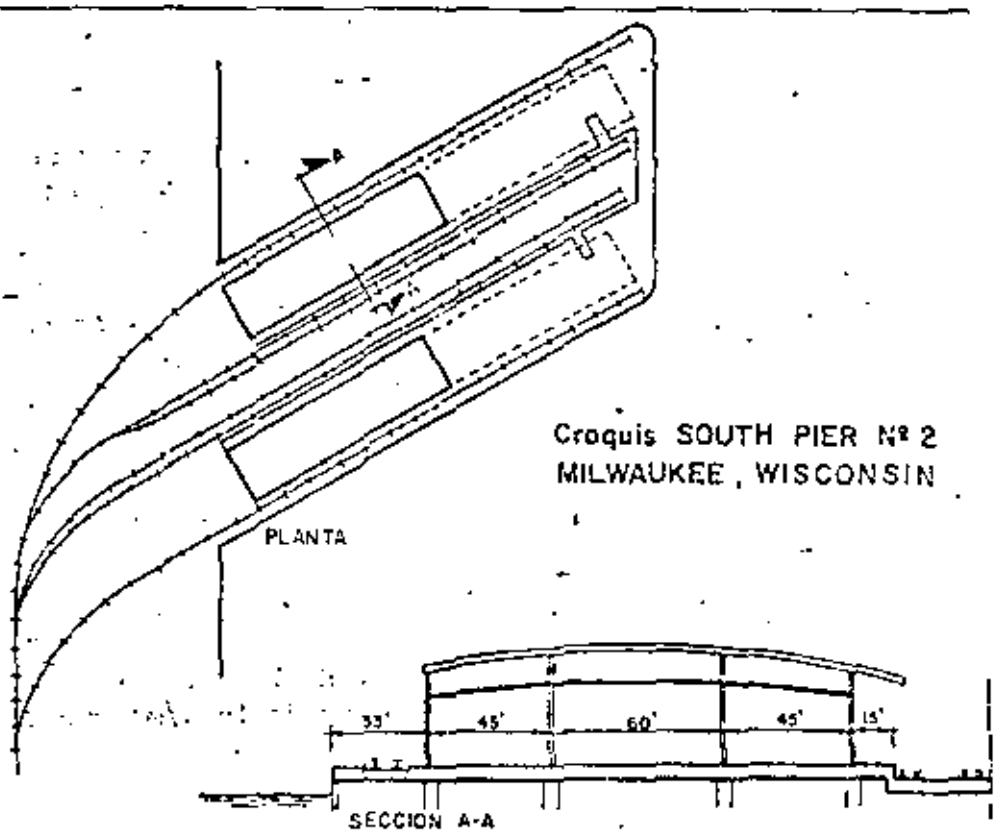
Por una vía férrea	= 0, pies
Por dos vías férreas	= 8,6 pies (≃ 2,60 m)
Por tres vías férreas	= 22,0 pies (≃ 6,70 m)
Por grúa semipórtico	= 5,0 pies (≃ 1,50 m)
Por grúa pórtico	≃ 10,0 pies (≃ 3,05 m)

Puede verse que estas cifras son ya muy parecidas a las europeas, pues en un muelle con 3 vías y grúas vienen a fijar unos 19, X m que son prácticamente las mismas.



Croquis PIER "A"
HOBOKEN, NEW JERSEY





Croquis SOUTH PIER Nº 2
MILWAUKEE, WISCONSIN

B1) Zona de almacenamiento

La superficie de esta zona está íntimamente ligada al sistema de ejecución y a las características de la mercancía. En cualquier caso debe ser suficiente para permitir almacenar la carga de los barcos sin que se produzca una interrupción por falta de espacio.

No debe contarse -salvo casos excepcionales- como espacio de almacenamiento la zona de operaciones que debe quedar reservada únicamente para esta función.

El movimiento anual de un muelle será:

$T_m = L \times T_r$ (L = longitud; T_r = rendimiento)

Llamando α al porcentaje de la carga que pasa por almacén; n al número de días de estancia media (suele variar de una carga a otra y de exportación a importación, etc.); p el peso que puede almacenarse por m^2; β al porcentaje de superficie útil de almacenamiento (dejando vías de trabajo, separación de carras, pilares, etc.) que suele ser el 75%, γ un coeficiente de seguridad para tener en cuenta posibles puntas de tráfico, la superficie necesaria total será:

$$S_a = T_m \times \alpha \times \frac{1}{p} \times \frac{n}{365} \times \frac{1}{\beta} \times \gamma$$

el rendimiento $R_a = \frac{T_m}{S_a}$.

En el caso de almacenes de varios pisos, hay que afectar un coeficiente corrector δ de disminución de utilización respecto a los tinglados de un piso.

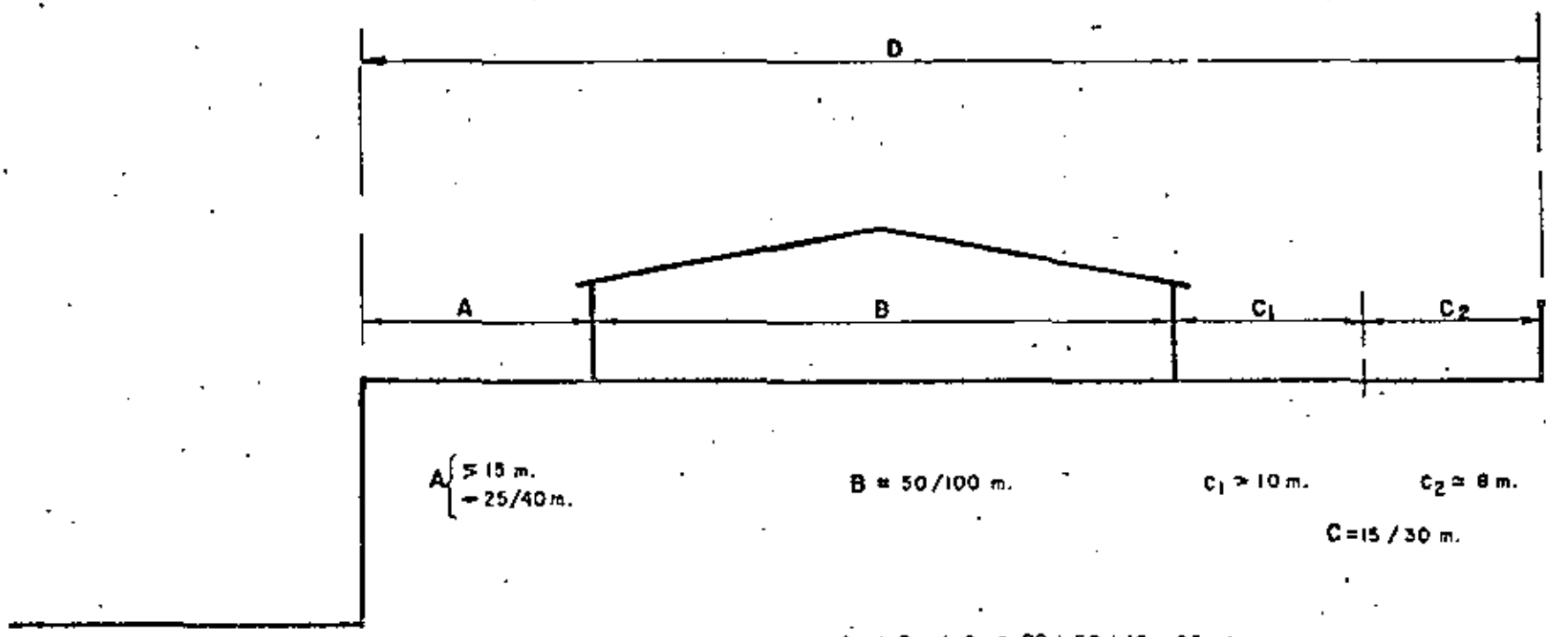
La superficie útil será $S_u = S_a \times \delta$

Esta superficie tendrá las dimensiones $L_a \times A_a$ que hay que determinar.

La longitud L_a será como máximo teórico la del atraque; pero teniendo en cuenta que por eficacia no conviene que sea mayor que 0,8 E del barco, y que a su vez el barco utiliza una longitud de muelle de 1,25 E, puede estimarse que L_a será prácticamente solo $\frac{1}{2}$ de L_m.

Por tanto tendremos que $S_a = \frac{1}{2} L_m \times A_a$; $A_a = \frac{2\ S_a}{L_m}$

En un atraque de unos 200 mts. de longitud y 150.000 Tm de rendimiento y un rendimiento efectivo de 16 T/m^2 por m^2 útil S_a = 10.000 m^2. A_a = 100 metros.



A $\begin{cases} \geq 15\ m. \\ \rightarrow 25/40\ m. \end{cases}$

B = 50/100 m.

$C_1 \geq 10$ m.

$C_2 \simeq 8$ m.

C = 15 / 30 m.

$$D \begin{cases} A_1 + B_1 + C_1 = 20 + 50 + 15 = 85 \text{ mts.} \\ A_2 + B_2 + C_2 = 40 + 80 + 30 = 150 \text{ mts.} \end{cases}$$

Aunque estas cifras son algo elevadas, algunos puertos la sobrepasan y los valores medios oscilan modernamente de 50 a 100 metros.

Estas superficies no incluyen las de almacenamiento de largo tiempo en segunda zona.

B24) Zona de vías de enlace y aparcamiento

Independientemente de la circulación a lo largo del muelle y de las vías transversales, es necesario preparar vías de evacuación y llegada así como de aparcamiento.

En general, el tráfico carretero se realiza por la parte posterior de los tinglados y también se dispone de alguna vía férrea en esta zona. Debe dejarse por tanto espacio para colocar el camión normal al tinglado para su carga (unos 10 metros) y además la vía de circulación (otros 8 metros).

En algún puerto, por fuera de la vía se dispone espacio para aparcamiento de camiones para su carga inmediata (independientemente de los aparcamientos generales).

En conjunto la anchura de esta zona oscila de 15 a 30 metros.

B4) Anchura total

El esquema tipo que hemos visto oscila, por tanto, entre 20 + 50 + 15 = 85 metros y 40 + 100 + 30 = 170 metros. Estas cifras abarcan toda la gama de muelles aunque en cualquier caso lo que no debe hacerse es bajar de las cifras mínimas ya que la eficacia se resentiría.

C) Containers

La revolución del container en el transporte ha tenido una incidencia decisiva en los puertos y obligará a una reestructuración de todas las instalaciones portuarias para acomodarlas a las necesidades de este modo de transporte.

Una instalación de containers debe disponer de las siguientes partes:

- 1) Muelle
- 2) Zona de carga y descarga del barco
- 3) Zona de almacenamiento
- 4) Zona de carga y descarga de vehículo y aparcamiento
- 5) Almacenes de carga y descarga
- 6) Talleres y almacenes
- 7) Servicios complementarios
- 8) Vías de circulación

Hay que tener en cuenta que la zona de almacenamiento debe disponer de suficientes calles de circulación que faciliten el paso de los vehículos auxiliares, etc. Los americanos indican que más del 50% de las superficies de almacenamiento se dedican a separación entre áreas de almacenamiento.

La sección tipo de un muelle de containers puede ser:

- Longitud ≃ 215 metros (725 pies)
- Anchura de zona de operaciones ≃ 18,00 metros (60 pies)
- Extensión de zona terrestre ≃ 12 acres (50.000 m^2) (250 metros de anchura)
- Almacenes de carga y descarga ≃ 22.000 pies cuadrados 2.000 m^2
- Capacidad de operaciones ≃ 750.000 T/año (50.000 containers de 15 Tn)
- Rendimientos: ≃ 3.500 T/m.l./año
  ≃ 13 T/m^2/año

(Rapport americano C.I.N. París 1969. S II. P.6)

En la comunicación inglesa se dan cifras de 226 a 332 metros de anchura por m.l. de muelle.

En Japón una serie de muelles se han construido con las siguientes características (C.I.N. París 1969).

- Calado ≃ 12,00 metros
- Longitud ≃ 250 metros
- Superficie almacenamiento ≃ 40.000 m^2
- Anchura terraplén ≃ 300 metros
- Almacén carga ≃ 53.000 m^2

El esquema tipo del muelle es el siguiente:

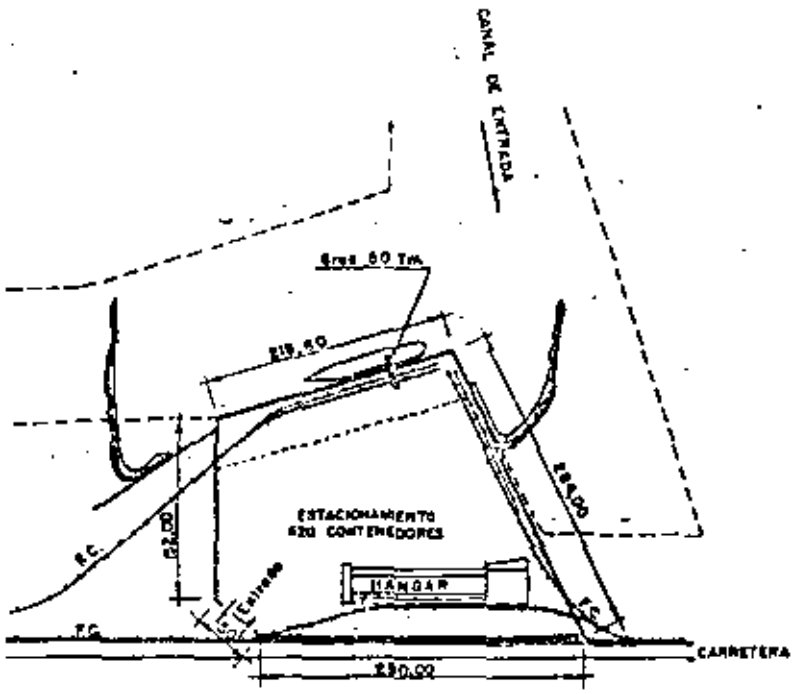
- Zona de carga y descarga ≃ 40 metros
- Zona de almacenamiento ≃ 160 metros
- Zona de tinglado ≃ 100 metros
- Total ≃ 300 metros

Se espera que el tráfico medio que puede atender este tipo de muelles llegue a medio millón de toneladas por atraque.

En España el terminal de containers de Barcelona tiene las siguientes características:

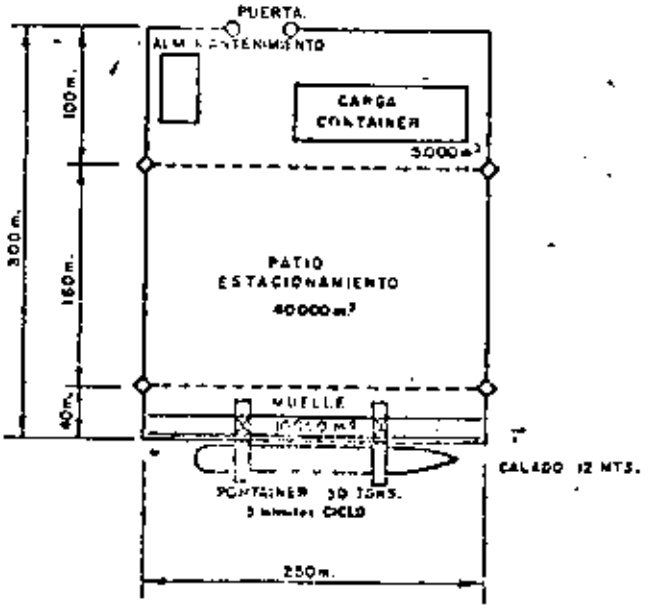
- Longitud del muelle ≃ 219 metros
- Calado ≃ 14,00 metros
- Superficie almacenaje ≃ 63.644 m^2 (1.296 containers 8 x 8 x 20)
- Tinglado ≃ 3.750 m^2
- Anchura esplanada ≃ 290 metros (media)

Podrá ampliarse hasta los 430 metros de longitud de muelle y 167.000 m^2 de área.



TERMINAL DE BARCELONA

INSTALACION JAPONESA TIPO
— PARA CONTENEDORES —



En resúmen las características medias de los muelles de containers oscilan entre los siguientes valores:

- Calados = 12/14 metros
- Longitud = 200/250 metros
- Anchura terraplenes = 250/300 metros
- Areas total = 50/70.000 m^2
- Tinglados = 3 a 5.000 m^2
- Ocupación total por container = 30 a50 m^2
- Sección tipo = 30/50 metros zona operación
  100/180 metros zona almacén container
  50/100 metros tinglados

D) Graneles sólidos y líquidos

En estos tráficos es difícil dar cifras generales ya que dependen de muy diversos factores que modifican grandemente las necesidades de espacio.

De forma especial interviene el hecho de que el almacenaje se realice al lado del muelle o se sitúe en una segunda zona a cierta distancia por las posibilidades de transportar el producto a distancia.

Solo a título informativo se citan a continuación algunos datos sobre estos tráficos.

E) Granel sólido

El esquema del muelle es el clásico: zona de carga y descarga; zona de almacenaje; y zona de transporte terrestre.

La zona de carga y descarga suele variar entre 15 y 25 metros llegando hasta cerca de 50 metros en algunas instalaciones neumáticas para poder colocar los equipos.

La zona de almacenaje junto al muelle se aconseja tenga cabida como mínimo para una carga de barco, situando el almacén principal a cierta distancia donde no existe problema de terrenos y realizando el transporte del producto mediante cintas o tuberías.

En el caso de minerales el almacenaje en muelle llega a anchuras de 100 metros, oscilando de 50 a 75 lo que supone superficies medias de 10.000 a 15.000 m^2 con capacidades de 50 a 150.000 toneladas.

Los almacenes de segunda zona tendrán una capacidad de almacenaje de acuerdo con las necesidades. Se citan, por ejemplo, alguno de 300.000 m^2 de superficie y 5 millones de toneladas de capacidad.

Para alumina, cereales, etc. se usan silos o almacenes especiales.

Las superficies llegan en estos casos a dimensiones de 150 x 30 = 5.000 m² y almacenaje hasta 100.000 toneladas.

En silos de trigo en Inglaterra citan una instalación de 150.000 toneladas en 2,84 Ha, aunque reservan otras Has para instalaciones auxiliares, complementarias o industriales.

En graneles líquidos, pueden aceptarse las mismas cifras de muelles y almacenajes que las de los graneles sólidos.

En petróleos, salvo los casos de cargaderos especiales se usan generalmente muelles ordinarios o atracaderos que se unen a la zona de almacenamiento mediante oleoductos.

El parque de tanques se dimensiona de acuerdo con el tráfico esperado. En el caso de refinerías se da la cifra de 40 Has para esta misión.

C5) Otros tráficos e instalaciones

Los de pesca y deportivos deben tratarse como puertos especiales.

El resto de los casos, deberá analizarse sin poder dar cifras generales. En cualquier caso insistiremos en que la superficie de tierra debe ser amplia ya que la congestión es siempre causa de grandes gastos económicos y desorganización de las operaciones.

3.4.3. Superficies generales terrestres

Las superficies generales terrestres tienen dentro del puerto una función múltiple: por un lado ejercen el mismo papel respecto al transporte terrestre que las superficies generales marítimas respecto al tráfico marítimo sirviendo de base a los enlaces con las redes generales de comunicación terrestre y a las zonas de aparcamiento, maniobra, etc., del vehículo terrestre; por otro lado sirve para operaciones de mercancías independientes de las de carga y descarga, tales como almacenamiento a largo plazo, tratamientos comerciales, etc.; y, finalmente, sirven para emplazar los servicios generales portuarios: -dirección, oficinas, zonas nobles de entrada- talleres y almacenes generales, viviendas de empleados, etc, etc.

Su dimensionamiento tiene que atender, por tanto, a las tres facetas anteriores aunque en el momento de encajar las soluciones los condicionantes son muy diversos, pues mientras que el ferrocarril y la carretera tienen exigencias técnicas, en cambio las otras funciones pueden ser atendidas en áreas marginales aprovechando zonas muertas o que no tienen un aprovechamiento directo para los otros usos.

Las necesidades pueden agruparse como sigue:

- a) Vías de comunicación: a_1) Ferrocarril
  a_2) Carretera
  a_3) Otros
- b) Zonas complementarias: b_1) Oficinas
  b_2) Servicios complementarios
  b_3) Almacenamientos
  b_4) Otros

3.4.3.1. Vías de comunicación

Su papel es fundamental en la planificación portuaria y muchas veces constituyen el cuello de botella de la cadena del transporte.

Solo vamos a fijarnos en el ferrocarril y carretera ya que el oleoducto no ofrece ningún problema y lo mismo sucede prácticamente con cables o cintas transportadoras; el canal -para España no cuenta por desgracia- supone un condicionante total para el puerto que en este caso debe ser estudiado basándose en esta circunstancia.

A) Ferrocarril

Aunque hace años tenía una gran importancia y aún hoy día sigue manteniendo su papel en algunos puertos europeos y americanos, sin embargo el camión le ha ido restando gran parte de su tráfico, y en España, por sus especiales condiciones, el ferrocarril no llega a representar el 10% del tráfico de entrada o salida del recinto portuario quedando reducido a los graneles sólidos, minerales y otros productos.

El sistema ferroviario de un puerto puede dividirse en las siguientes partes:

- 1) Enlaces generales
- 2) Haces de clasificación y maniobra
- 3) Enlaces con las zonas de operación
- 4) Haces de espera y clasificación
- 5) Enlace con muelles y vías de carga y descarga

En casi todos los trabajos sobre estos temas, al hablar de las necesidades ferroviarias de un puerto suelen darse para todo el conjunto las cifras de 6, 8 y 10 y hasta 15 lms. de vías férreas por lm de muelle incluyendo las correspondientes a las de los muelles, por lo que al estudiar la superficie general ferroviaria deben excluirse la parte correspondiente a estas.

En cualquier caso, el sistema ferroviario de un puerto dependerá de los siguientes factores:

- 1) Características físicas del puerto
- 2) Tráfico movido por ferrocarril
- 3) Sistema de operaciones

1) Las características físicas del puerto influye porque la longitud de las vías de acceso dependerá de la distancia entre el puerto y las redes generales, de la configuración de dársenas, etc.

2) El tráfico movido por ferrocarril ya que el número de vagones movidos anualmente dependerá del tráfico que utilice este sistema y por tanto determinará las necesidades de vías.

3) El sistema de operaciones afecta porque serán muy diferentes las necesidades de haces, vías, etc., según se trate de trenes completos o unidades sueltas; de operaciones directas o a través de almecenes, etc.

La longitud total de la red viaria (excluida la correspondiente a las zonas de operaciones) será:

$$Lffcc = Lvge + Lve + Lvm + Lva$$

donde

Lffcc = Longitud total de vías
Lvgc = Longitud vías generales comunicación
Lve = Longitud vías enlaces con dársenas, etc.
Lvm = Longitud haces maniobras y formación trén
Lva = Longitud haces apartaderos

Los correspondientes a enlaces Lvg y Lve dependerán de cada puerto.

La longitud de las otras dos Lvm y Lva dependerá del número de vagones que puedan utilizarlas.

Zignoli señala que el número de vagones que pueden utilizar el puerto teniendo en cuenta un coeficiente de puntas es:

$$n = 2\ Ko \times \frac{1}{N} \times 2\ f \times \frac{Tm}{Qf}$$

donde

n = número de vagones
Ko = coeficiente de puntas $\simeq 2$
N = número de días anual de trabajo $\simeq 300$
rf = porcentaje de tráfico ferroviario
Tm = tráfico total del puerto
Qf = carga media unitaria por vagón

Si se supone al mismo tiempo que una parte de los vagones están en muelles (de la que prescindimos), otra en maniobras y otra en apartadero, se puede suponer que este reparto es de 1/3 lo que supone un coeficiente de seguridad, ya que la mayor parte estará

en zona de operaciones donde la longitud de vías viene marcada por exceso por el sistema de trabajo.

Si al mismo tiempo asignamos una longitud Lvg por cada vagón en operaciones o apartaderos y una superficie Svg del mismo con un coeficiente amplificador para tener en cuenta partes perdidas las longitudes de vías generales y áreas ocupadas serán:

$$LTfc = lveg + lvc + \left(\frac{2n}{3} \times lg\right)$$

$$STfc = (LTfc \times a)$$

Como cifras medias se pueden tener lg de 20/25 metros y a ≈ 4,50/5,00 metros.

Si se supone que la red ferroviaria oscila de 10 a 15 kms por Km de muelle y se deduce la parte situada en la zona de operaciones, queda unos 5/7 kms para la parte general, lo que resulta de 2,5 a 3 Has de superficie ferroviaria general por cada Km de muelle.

B) Carreteras

Es un caso similar al anterior aunque como sus condicionantes son menores, las soluciones son mucho más elásticas y fáciles de encajar, pues pueden utilizarse espacios irregulares o de mal aprovechamiento para instalaciones para situar en ellos aparcamientos de coches o camiones.

Al igual que en el ferrocarril prescinde de la parte de la zona de operaciones; la red viaria automóvil se compone de las siguientes partes:

- 1) Enlaces generales
- 2) Aparcamientos generales del puerto
- 3) Enlaces secundarios
- 4) Aparcamiento de zonas

Con un razonamiento similar al anterior y teniendo en cuenta que en este caso la distribución de vehículos en parques es menor que el ferrocarril pues una vez cargados o descargados salen directamente, podemos suponer que en cada uno de los aparcamientos pueden existir el 20% como mucho.

Además hay que tener en cuenta los automóviles pertenecientes al personal que trabaja en el puerto en cualquiera de sus actividades. Es difícil dar cifras, pero hay que tener en cuenta que cada vez van teniendo más importancia. Algún especialista recomienda que como mínimo se suponga un vehículo cada cuatro personas activas con trabajo en el puerto.

Con estos supuestos tendremos:

Longitud vías generales = Ltve = Leg + Les
Superficies vías generales = Stvg = (Leg + Les) x b
Superficies aparcamientos camiones = Saem = $\frac{2n}{5}$ x Sem)
Superficie aparcamiento coche Saco = ($\frac{Pr}{4}$ x Sco)

Superficies generales carreteras = Sge = (Lca + Lec) x b + ($\frac{2n}{5}$ x Sem) + ($\frac{Pr}{4}$ x Sco).

Como datos medios se solían dar de 3 a 5 km de vías por km de muelles pero es completamente gratuito. Si se quiere tener una idea, aunque sea simplista, podemos fijar en un puerto mediano (independiente de la zona de terraplenes de operaciones) en 2 ó 3 has. por cada km. de muelle.

3.4.3.2. Zonas complementarias

Se dedican a fines muy diversos y por tanto es muy difícil concretar y dar cifras. Algunas de ellas están situadas en la parte más noble del puerto, en su mismo centro y entrada como son las oficinas generales, jardines, etc.; otras en cambio se sitúan en dársenas separadas y auxiliares como los talleres y depósitos del equipo portuario; ó separadas como viviendas, etc; finalmente algunas están situadas contiguas a las zonas de operaciones constituyendo una prolongación aunque sin formar parte de ellas, como sucede con almacenes de largo tiempo o de productos facilmente transportables -líquidos, graneles sólidos, etc.- que no necesitan estar sobre muelles.

A) Almacenamiento

Los tinglados y superficies de almacenamiento al aire en los muelles solo deben ser itilizados para el servicio de las operaciones de carga y descarga, permaneciendo en ellos la mercancía el tiempo indispensable para realizar el control de llegadas y salidas, averías, aduanas, etc., pero en ningún caso esta zona debe servir para un almacenaje de largo tiempo. Debido a que a veces las tarifas portuarias son inferiores a la de los almacenes de la ciudad, los usuarios tienden a dejar la mercancía en los tinglados con graves perjuicios para el tráfico. Para evitar esto, la única solución es la de unas tarifas progresivas que haga imposible la permanencia más allá del tiempo que se crea prudencial.

Existen algunas mercancías que deben permanecer en terrenos cercanos a los muelles durante un largo tiempo, por lo que es necesario y conveniente dentro de la sana política portuaria de favorecer al tráfico, habilitar almacenes en zonas que no estando

en la de operaciones sin embargo estan dentro del recinto portuario y cercanas a los muelles. Esto es lo que en la tecnología portuaria se conoce como "segunda zona" o incluso "tercera" en ciertos casos de amplias superficies diferenciándolas por su distancia a los puntos de trasbordo.

Dado que estos productos permanecerán un largo tiempo y el aumento de gastos de una manipulación mayor que la ordinaria no tiene importancia frente a los gastos de estancia, se utilizan los almacenes en pisos o altura que dan mayor capacidad por superficie disponible de terreno.

Algunos productos como el pescado congelado, cereales, etc. utilizan almacenes en primera zona; por sus especiales características puede hacerse. Incluso en algún puerto se utilizan para las mercancías tinglados de varios pisos, dejando el inferior para el tráfico ordinario y los pisos superiores para almacenes de largo plazo.

La superficie necesaria para estos menesteres es muy variable dependiendo de las características del puerto y tráfico; posibilidades de almacenaje fuera del puerto; política de transporte, etc.

Los americanos indican que en sus puertos hay mucha diversidad y como ejemplo citan Newark, donde frente a unos 140.000 m2. de tinglados tienen 240.000 m2 de almacenes; y en cambio Long beacha con unos 150.000 m2 de tinglados sólo 45.000 de almacenes; en Houston están equilibradas ambas superficies con 60.000 m2 para ambas.

Es aconsejable que en los casos donde no se pueda determinar exactamente las necesidades se reserve una superficie para almacenamiento a largo plazo igual a la de almacenamiento de la zona de operaciones.

En cuanto a los graneles sólidos y líquidos, siempre que sea posible, deben llevarse los almacenamientos a zonas alejadas de muelles ya que su transporte es cómodo y barato.

Como cifras medias medias en minerales y graneles sólidos, se puede aceptar la de 15 a 20 T/m2 para fijar la extensión de los parques de almacenamiento.

En petróleos crudos se puede fijar una cifra similar.

B) Servicios complementarios

Las necesidades de todos los servicios complementarios que se han citado es imposible concretar en cifras, ya que las situaciones y condiciones son muy diversas y dependen de tal número

de variables que todas las cifras que se dieran serían puramente datos anecdóticos.

Para fijar de algún modo la superficie necesaria puede admitirse que sea el 10% de las totales terrestres, tanto de operaciones como generales. Quizás fuera más prudente llegar incluso al 15% ya que en la parte terrestre es donde suelen originarse las congestiones del puerto y que todo ahorro en esa zona es contraproducente.

c) Resumen

Las superficies generales terrestres serán por tanto:

$$SGT = \Sigma (Sffc + Sca + Salp + Sco) = 1,15 \Sigma (Sfe + Sca + Salp + Stop)$$

donde

SGT = Superficie general terrestre
Sfe = id. ferrocarriles
Sca = id. carreteras y aparcamientos
Scalp = id. almacenamiento largo plazo
Sco = id. complementarias
Stop = id. terrestre de operaciones

En cualquier caso es aconsejable que la cifra resultante para la superficie general terrestre no sea menor que $\frac{Tm}{80.000}$ Has.

(o $\frac{Tm}{60.000}$ si se incluyen las zonas de operaciones).

3.4.4. Casos especiales

Algunos casos presentan unas especiales características que aconsejan estudiarlos separadamente del caso general, analizando en conjunto sus necesidades de agua-muelles-tierra o las de cualquier tipo que presenten.

De todos los que pueden citarse, se estiman como los más característicos:

- a) Puertos Deportivos
- b) Puertos Pesqueros
- c) Zonas industriales

En cuanto a los cargaderos especiales, no presentan problemas especiales ya que en cualquier caso sus necesidades de agua, tierra y atraques deben cumplir los que se citaron en el caso general.

3.4.4.1. Los Puertos Deportivos

A_1) La planificación de un puerto deportivo depende de una mul-

titud de factores. En la parte III se analiza el esquema del Puerto Deportivo y de acuerdo con sus conclusiones se realiza el dimensionamiento que a continuación se hace.

A_2) Planta

A_{21}) Superficie total

La superficie de agua es función del número de embarcaciones, de sus características (eslora y manga), de las superficies ocupadas por las zonas de circulación y maniobra y las destinadas a reparaciones, etc.

Por término medio se considera que en un puerto se necesitan 1 Ha de agua por cada 80 ó 100 embarcaciones contando con todas las necesidades. Puede estimarse que de esta superficie un 35 a 40% está destinada al atraque y el resto a zonas libres de maniobra. La superficie total sería S_{ta} = (100/125) x Nº (m2).

A_{22}) Longitud de atraques

Generalmente amarran de proa a popa, con lo que la longitud de atraques depende de la manga del barco. Se puede tomar como manga e/4 + 0,75 y como anchura aproximada del atraque -- a = e/4 + 1.

La anchura práctica varía algo de unos puntos a otros de acuerdo con el nivel del servicio del puerto y el deseo de sus promotores de lograr mayor número de atraques.

En el puerto de Banús (Málaga) las anchuras de los puntos de atraque son:

Longitud = 8 - 12 - 15 - 18 - 26 - 30 - 33 - 50 mts.

Anchura = 2,60 - 3,75 - 4,30 - 4,80 - 5,80 - 6,50 - 7,00 - 8/9,00 mts.

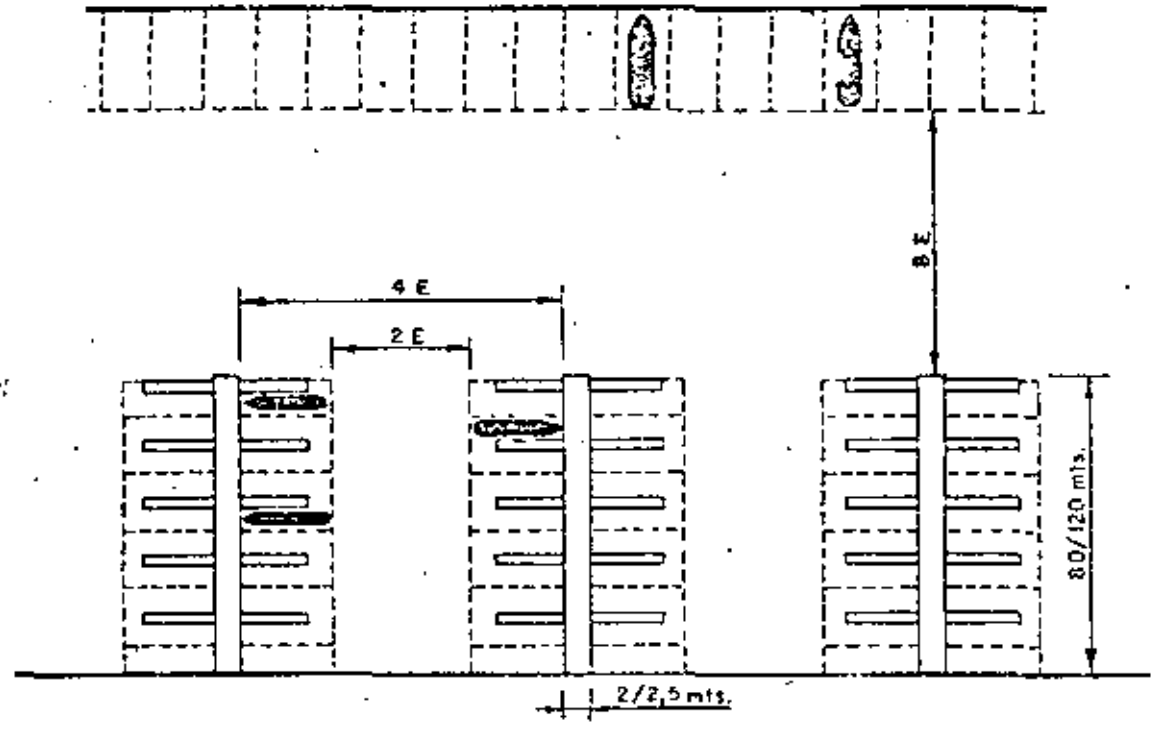
En el Rapport de M.R. Vian para las embarcaciones a motor dan las siguientes cifras:

Longitud del barco (metros) 5 - 6,5o - 8,00 - 9,50 - 11 - 13 - 15 - 18 - 24.

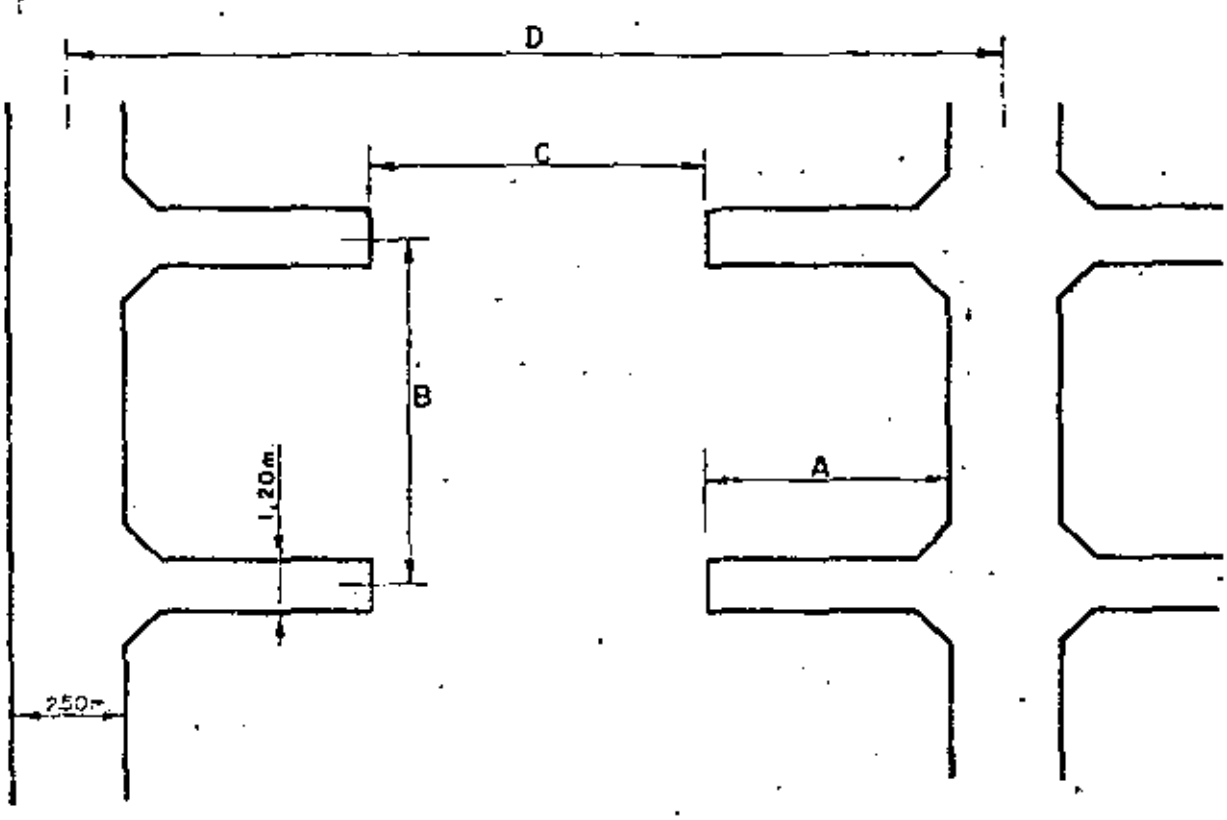
Anchura (del atraque) 2,50 - 3 - 3,50 - 4 - 4,50 - 5 - 5,50 - 6 - 7.

Las embarcaciones a vela requieren un poco menos atraque por lo que pueden utilizarse estos datos.

En los atraques tipo americano con esnigas sobre pantalanes los datos son parecidos a los datos europeos aunque más holgados.



DIMENSIONES DE CANALES Y PUESTOS DE ATRAQUES
SOBRE MUELLES Y PANTALANES



A	B	C	D
20	20	35	83
30	28	52/56	121
40	32	70	158
50	36	100	208
60	42	120	248
70	48	140	288
80	56	160	328

DIMENSIONES DE PANTALANES Y CATWALKS (en pies)

A_{23}) Separación de pantalanes y canales de entrada

La distancia libre entre pantalanes está en relación con la eslora del barco. Si los barcos amarran sobre muertos en proa el canal de entrada debe estar libre de las cadenas; si atraca sobre espigas entonces amarra sobre estas y el canal puede reducirse a las mangas de dos barcos cruzándose con los suplementos necesarios.

De modo general se admite que la separación o anchura libre entre espigones sea $M > 4E$ con lo que se deja canal libre de 2E.

La anchura del pantalan suele oscilar de 2,50 a 3,00 metros.

El canal general de entrada suele oscilar de 2E a 3E e independientemente debe dejarse el espacio libre para evolución, zona de reparaciones, etc.

A_3) Abrigo y entrada

El abrigo de un puerto deportivo debe ser total y en ningún caso, aún en los temporales más violentos, deben penetrar en el antepuerto olas superiores a 0,50 metros.

Al mismo tiempo, no deben saltar rociones al romper las olas con los espaldones, para lo que estos deben tener la suficiente cota; pero como por otro lado una altura de espaldón $H = A/2$ puede ser excesiva y dejar sin visibilidad el puerto constituyendo una verdadera muralla, debe estudiarse en laboratorio la forma de rebajar las cotas de coronación a base de aumentar la anchura de las bermas de la escollera delante del espaldón.

El calado de entrada debe ser superior a los 5,00 metros y la anchura de bocana $D > 2E$ del mayor barco que utilice el puerto y en cualquier caso mayor de 40 metros.

El calado de los pantalanes y muelles varía con el tipo de barco que lo frecuenta; en general el calado es inferior a 3,00 metros y solo los barcos mayores de 20/25 metros llegan a los 4,00 metros.

B) Zona terrestre portuaria

El dimensionamiento de esta zona varía mucho de unos puertos a otros, por lo que es difícil dar cifras de tipo general.

En España se indica como regla general que la superficie terrestre (incluidos accesos) debe ser por lo menos el 50% de la marítima. Como para esta se aceptan cifras medias de 100 a 120

m^2 por embarcación, en tierra será $S_t = 50/60 \times Nº\ b\ (m^2)$.

A cifras semejantes llegan M.R. Vian para el Languedoc francés, aunque los americanos superan estos niveles.

Las necesidades de las diferentes zonas puede fijarse como sigue (M.R. Vian).

B1) Automóviles

Se suele fijar un mínimo de un automóvil por cada dos embarcaciones (para España quizás con algo más); con 24 m^2 de ocupación por coche $S_{at} = 12 \times Nº\ (m^2)$.

B2) Remolques

Para las pequeñas embarcaciones que llegan desde tierra en un remolque debe habilitarse un aparcamiento; se supone que el número de barcos que llegan de esta forma puede llegar a un 10% de barcos del puerto y con 60 m^2 por remolque la superficie sería $S_{2e} = 6\ Nº\ (m^2)$.

B3) Almacenamiento de embarcaciones

Cierto número de embarcaciones deben sacarse a tierra durante la inactividad del invierno. Se supone que llega al 50% de los barcos con base permanente en puerto, o sea alrededor del 30% del total; a su vez, contando pasillos, etc., se puede considerar que por cada embarcación se necesitan 50 m^2. Con esto el almacenamiento total (se suele hacer en varios pisos) sería $Sal \simeq 0,3 \times N \times 50 \simeq 17\ Nº\ (m^2)$.

B4) Talleres, etc.

Se suele tomar una cifra de $S_{tl} = 10 \times Nº\ (m^2)$.

B5) Accesos y vías

Dentro de la zona hay que reservar espacio para las vías, como a lo largo de muelles, etc. Se puede suponer una superficie $S_{av} \simeq 10\ N^2$.

B6) Superficie terrestre total

El conjunto de necesidades sería por tanto:

$$S_{TT} = Sat + S_{2e} + Sal + Stl + Sav \simeq (12 + 6 + 17 + 10 + 10 \times Nº\ (m^2) = 55\ N\ m^2.$$

Es decir, que coinciden prácticamente con la cifra dada anteriormente.

Debe subirse esa cifra y si es posible destinar S_{TT} 60% S_A.

C) Zona complementaria

Dedicada a instalación de club náutico, tiendas, poblados típicos y restaurantes, zonas deportivas, etc., no forman parte del puerto propiamente dicho aunque lo complementan y mejoran.

No pueden darse cifras ni tampoco tenerse en cuenta al planificarse el puerto pues sus superficies serían sobrantes de las necesidades portuarias, es decir, extraportuarias y por lo tanto no entran dentro del dimensionamiento.

3.4.4.2. Los puertos pesqueros

A) Esquema General

Al igual que los puertos deportivos, en la Parte III se analizó el Puerto Pesquero con sus funciones y necesidades de conjunto. De acuerdo con el esquema y las conclusiones resultantes se realiza el dimensionamiento.

Para su estudio se pueden agrupar estas necesidades en dos partes:

- Superficies marítimas y líneas de muelles
- Superficies terrestres

B) Superficies marítimas y líneas de muelles

Como en todos los puertos, la parte marítima puede dividirse en las zonas de entrada y maniobra y en las de dársenas y muelles.

b_1) Entrada y maniobra

Si el puerto pesquero forma parte de un gran puerto multifuncional con dársenas dedicadas a cada tráfico, las condiciones de entrada y maniobra están sobradamente aseguradas por las generales del puerto y son mucho mayores.

Si se trata específicamente de un puerto pesquero, sus condiciones de entrada y maniobra serán similares a las de los puertos generales de pequeñas dimensiones.

Por el poco calado de estos barcos -los mayores no llegan a 7,00 m- y porque la entrada debe estar libre de rompientes para que sirva de refugio en los temporales en la planificación dominarán siempre las condiciones marítimas sobre las del barco.

El calado interior oscilará de 3,50 a 7,00 m y debe evitarse la propagación de la agitación dentro de antepuertos y zonas de maniobra.

b_2) Dársenas y muelles

En estos puertos se adoptan unos índices desde 10.000 a 50.000 TRB/Ha/año en una primera aproximación y para los rendimientos de los muelles cifras desde 20 a 120 T/m.l./año.

b_{21}) Dársenas

La superficie de agua de las dársenas se determina en función de la longitud de los muelles y de la anchura deseable; el reporte español de Estocolmo 1969 señalaba los siguientes datos:

Grandes puertos: 1 a 1,5 Ha por 100 m de atraque.
Pequeños puertos: 0,5 a 1 Ha " " " "

No se especifica si la dársena es abierta o cerrada, pues entonces la anchura sería excesiva en el segundo caso (de 200 a 300 m en grandes puertos y de 100 a 200 en pequeños).

La franja de agua aneja al muelle debe tener una anchura de 100 a 150 m en el caso de grandes puertos y de 50 a 100 en el segundo.

b_{22}) Muelles

Los muelles básicos que tienen función propia son:

- Muelles de carga.
- Muelles de abastecimiento.
- Muelles de reparaciones.
- Muelles de estancia y descanso.

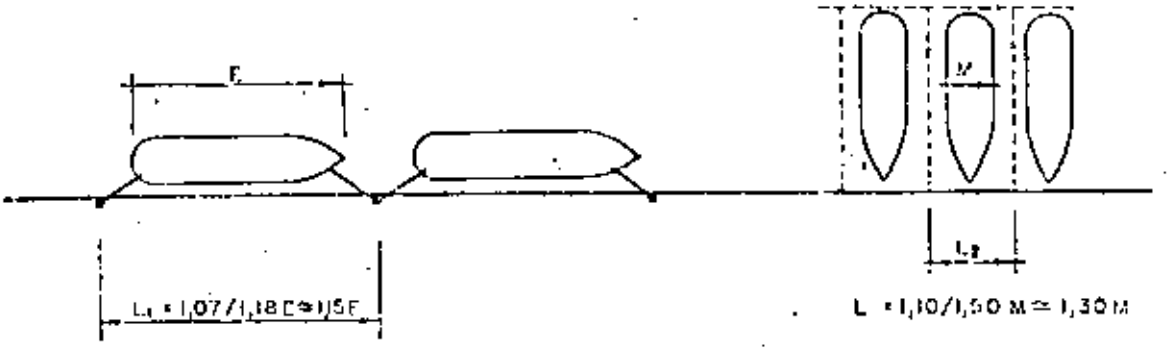
Los fundamentales son los de descarga pues las operaciones deben hacerse rápidamente y no producirse demoras en descarga o congestiones en el camino hasta la sala de ventas, etc.

Los barcos pueden atracar de costado o de frente; en el primer caso el frente ocupado por el barco oscila $L_1 = 1,07/1,18$ E con media de $L_1 = 1,15$ E. En el segundo $L_2 = 1,10/1,50$ M con medias de $L_2 = 1,30$ M.

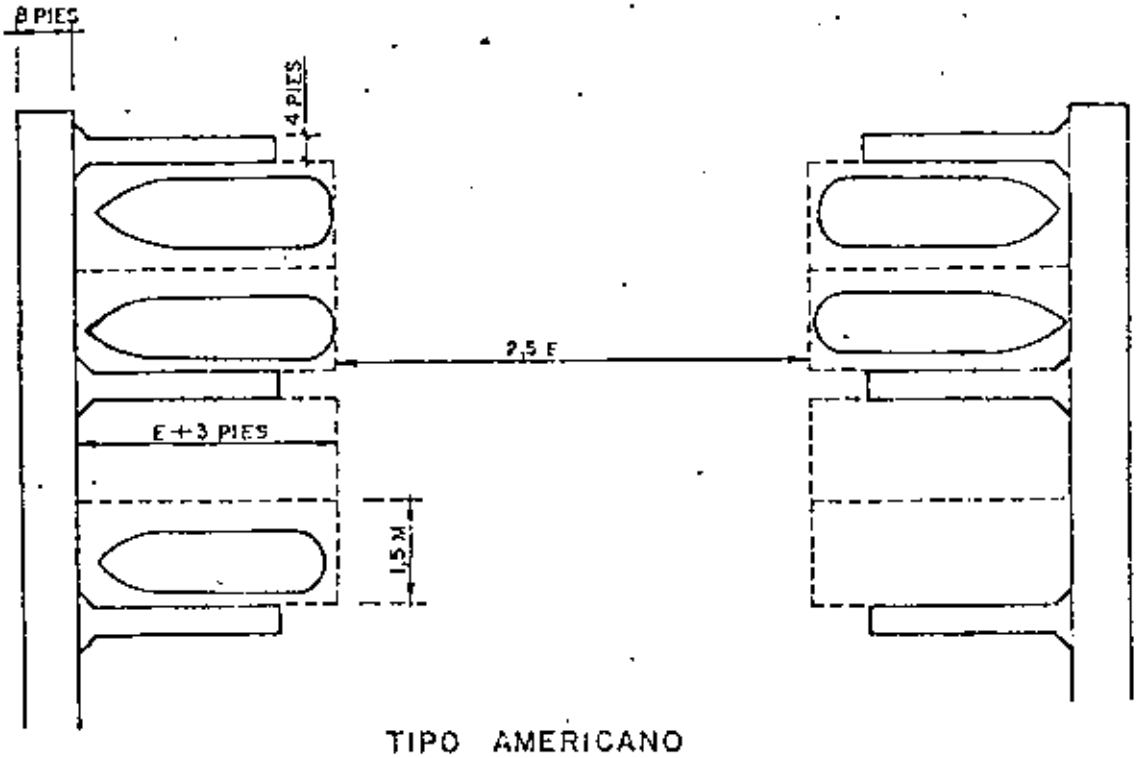
Los americanos (véase C.I.N. Estocolmo), suelen atracarlos de frente sobre "fingers" laterales y golfines de apoyo ocupando de media 1,50 M; entre pantalanes de atraque dejan distancias mínimas de 4 E + 6 pies.

Si se conoce el número de barcos que realizan operaciones puede fijarse la longitud de muelle de descarga necesaria; pero generalmente no suele ser así y se desconoce el número de barcos que pueden coincidir; en este

DIMENSIONES DE ATRAQUE



TIPOS EUROPEOS Y JAPONESES



TIPO AMERICANO

caso debe recurrirse a la teoría de colas.

En la comunicación de Nadzian (Bremen 1969) indica que para determinar la capacidad de un muelle pesquero puede usarse la siguiente fórmula:

$$qm = \frac{720 \times D \times \alpha \times km \times Kr}{t_2 + t_r + t_u + t_n}$$

donde

720	= horas mensuales
D	= capacidad de bodegas
α	= coeficiente de llenado de las mismas
Km y Kr	= coeficientes de condiciones meteorológicas y de ocupación de muelles
t_2 y t_r	= tiempo de carga y descarga y de estancia, reparación, etc.
tu y tn	= otros tiempos de ocupación

Sin embargo esta fórmula (que es parecida a la que se usa en los muelles comerciales) no es aceptable porque supone que el barco permanece en el mismo muelle que atraca para descargar, cosa totalmente inaceptable pues consideramos como cuestión de primera magnitud que los muelles de carga solo se destinen a este fin. Si eso no se hace es porque el puerto está mal explotado o los rendimientos son mínimos.

Al igual que en los muelles comerciales, esta fórmula no tiene en cuenta las estadías, costos relativos de instalaciones y del barco, etc., por lo que en ciertos casos será necesario o por lo menos conveniente acudir a los métodos matemáticos para determinar la longitud de muelles necesarios.

En el caso de pesca congelada, los rendimientos y forma de explotación es la misma que en un frigorífico comercial.

Los muelles de abastecimiento se refieren fundamentalmente a los de carburantes y hielo. El dimensionamiento debe hacerse por número de atraques y depende de las características de la flota, número de embarcaciones simultáneas en puerto, etc.

Empíricamente puede fijarse el número de atraques a base de simplificar el cálculo y suponer $m = \frac{N \times t}{24} \times \alpha$,

siendo N el número de barcos que diariamente hacen combustible y t el tiempo total en muelles, tanto de operaciones como por otras causas, y α un coeficiente de ocupación que puede tomarse $< 0,5$.

Este es un clásico problema para ser tratado por teorías de colas.

Los muelles de reparaciones dependen del carácter del puerto y de la importancia que estos servicios tengan.

En el C.I.N. de Estocolmo (1965) la ponencia danesa fijaba la capacidad necesaria de varaderos en un 10% del número de barcos registrados en el puerto a base de una ocupación de instalaciones del 50%. Los muelles necesarios pueden dividirse en dos o tres atraques ya que pueden amadrinarse los barcos que hacen operaciones.

Los muelles de espera destinados a los barcos cuyas tripulaciones descansan o esperan por cualquier causa se utilizan a base de amarrador dos o tres filas de barcos. Otras veces se sustituyen por amarres en dársena sobre boyas o duques de alba, etc.

El número de atraques y la longitud es muy variable ya que depende de las características de la flota, de la pesca y de otra serie de factores que hay que analizar en cada caso. Se puede aceptar que por lo menos hará falta tanto o más atraque por este concepto que por el de descarga.

Como ejemplos pueden verse los datos siguientes:

- Vigo : Muelle de carga ≃ 1.380 m.l.
  . Muelle avituallamiento estancia y pequeñas reparaciones = 1.770 m.l.
  . Muelles de armamento ≃ 1.350 m.l.
- Cádiz : Muelle de descarga ≃ 420 m.l.
  . Muelle de reparaciones ≃ 150 m.l.
  . Muelle de abastecimiento ≃ 350 m.l.
- Las Palmas : Descarga ≃ 300 m.l.
  . Frigoríficos ≃ 600 m.l.
  . Estancia ≃ 500 m.l.

C) Superficies terrestres

Las superficies pueden estar adosadas a los muelles o situadas al interior en segunda zona.

La primera zona está destinada al ciclo del pescado y a las actividades de reparaciones y abastecimiento, no necesitando prácticamente los de estancia.

En segunda zona se sitúan las instalaciones para armadores, industrias derivadas de la pesca y otras actividades complementarias.

c1) Zonas de primera línea

c11) Zonas de descarga y reparación

El ciclo del pescado se realiza siguiendo una línea normal al muelle de descarga, desde la bodega del barco hasta su carga en medio de transporte para su envio al interior o fábrica, etc.

Según sea el tipo de pesca; su destino; características especiales; y finalmente formas de conservar el pescado y exportarlo serán distintas las necesidades y las instalaciones.

En el caso más complejo la sección transversal tiene las siguientes partes:

- 1) Muelle y zona de descarga
- 2) Zona de clasificación y venta del pescado
- 3) Zona de preparación del pescado para su envio

De acuerdo con esto y con las recomendaciones de varios C.I.N. se han proyectado gran parte de las instalaciones de los puertos pesqueros más importantes de Europa.

Como ejemplos tenemos:

Vigo

- 1) Muelle de descarga → 3,50 m
- 2) Nave de ventas → 10,00 m
- 3) Pasillo de circulación → 6,50 m
- 4) Naves de preparación → 13,50 m
- 5) Andén de carga a vehículo → 4,30 m
- 6) Dos vías de trén y dos camiones → 8,30 + 10 m

Cádiz

- 1) Muelle de descarga → 3,70 m
- 2) Ventas circulación y preparación → 34,50 m
- 3) Vías ferrocarril y carretera → 15,00 m

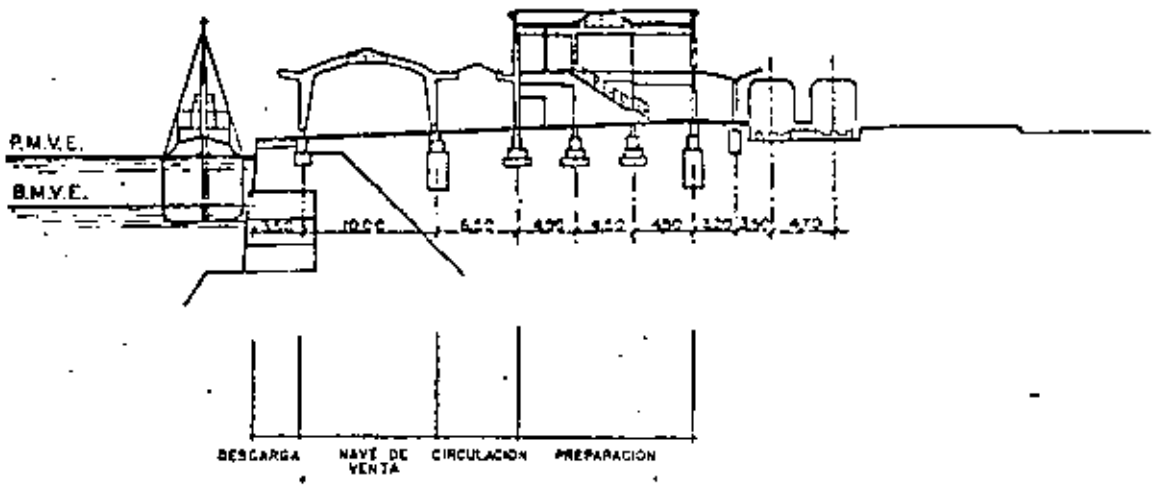
Lorient

- 1) Muelle descarga → 7,00 m
- 2) Naves de venta → 20,00 m
- 3) Naves de preparación → 18,00 m

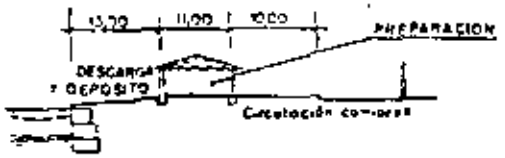
Lisboa

- 1) Muelle descarga → 6,00 m
- 2) Naves de venta → 25,00 m
- 3) Circulación → 15,00 m
- 4) Preparación y embarque → 15,00 m

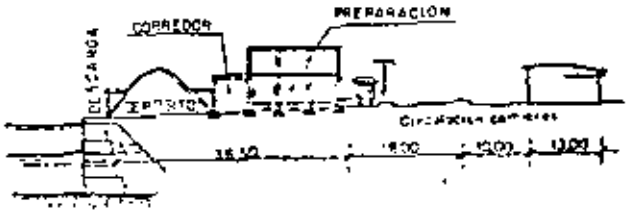
PUERTO PESQUERO DE VIGO



SECCION TRANSVERSAL - 1ª Alineación



SECCION TRANSVERSAL - 2ª Alineación



PUERTO PESQUERO DE CADIZ

En Japón (C.I.N. Estocolmo) indican una anchura para el muelle de 3 a 5 m y de 25 a 30 m para la nave, para el total de las operaciones, que puede reducirse hasta los 15,00 m si se trata de pesca que se exporte directamente sin necesidad de venta previa.

La parte fundamental a dimensionar es la nave de ventas y clasificación; las cifras que se dan en los varios países son muy diferentes; en España se acepta la cifra de 6/8 Tn/m2/año.

En Japón (T.Yano) indican la fórmula $S = \frac{N \times P}{R \times \alpha}$ donde S = superficie necesaria; N = Tn a vender; P = m^2 por tonelada de pescado; R = número de ventas que se realizan al día y α = el espacio útil descontando los pasillos de circulación, etc.

Para P dan valores desde 1,60 m^2/Tn en el caso de pilas de 10 cajas hasta 13/14 m^2/Tn para atún en piezas.

Para α se citan valores de 0,27 a 0,40 aproximadamente.

En resumen, para un gran puerto pesquero, las dimensiones de la zona de descarga y preparación del pescado fresco podemos tomarla como sigue:

- 1) Longitud 60 a 120 Tn/m.l. (o número de atraques por teoría de colas)

- 2) Sección

21) Muelle de descarga	→	5/8 m
22) Naves de clasificación y preparación	→	15/20 m
23) Corredor y distribución	→	6/10 m
24) Naves preparación	→	15/20 m
25) Andén embarque	→	3/5 m
26) Circulación ferrocarril y carretera	→	15/20 m

- 3) Naves de venta = 6/8 Tn/m^2/año con puntas de 200% sobre día medio.

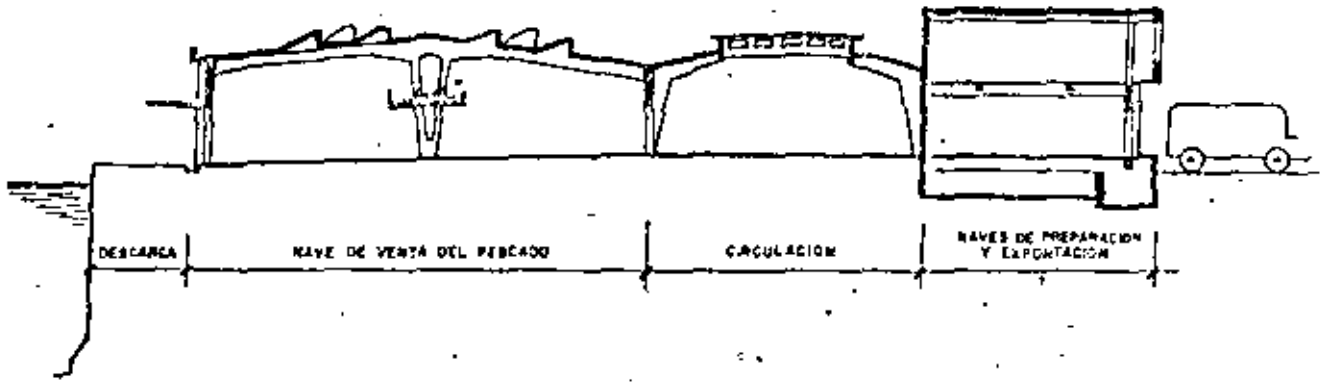
En el caso de pesca congelada sobre frigorífico, la descarga y almacenamiento se realiza directamente del barco al edificio.

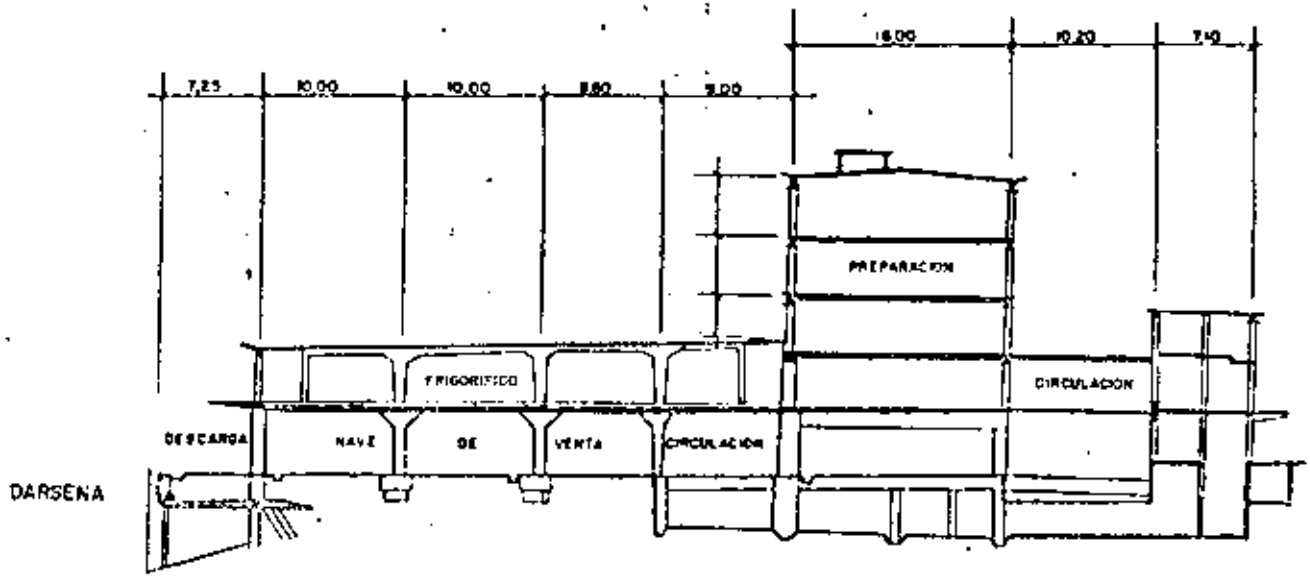
Suelen disponer a veces de túneles de congelación para tratamiento del pescado fresco.

Su construcción es de varios pisos, destinando los superiores a largo almacenaje.

Las dimensiones varían pudiendo tomarse como media de 25 x 100 m.

PUERTO PESQUERO DE LISBOA





PUERTO PESQUERO DE CUXHAVEN

V

c_{12}) Zonas de abastecimiento

Los muelles para agua y combustible no necesitan prácticamente reserva ya que basta disponer tuberías a lo largo de los muelles pudiendo estar los depósitos en segunda zona.

Las fábricas de hielo deben estar cercanas al muelle; sus dimensiones varían con su capacidad y a veces van unidas a frigoríficos, etc. Se puede fijar como mínimo una anchura de 30/40 m desde el muelle y longitudes de 60 a 80 m.

c_{13}) Los muelles de estancia no necesitan previsiones de terreno para este fin concreto.

c_2) Zonas de segunda línea de actividades industriales y complementarias.

Fundamentalmente se refieren a las siguientes:

- 1) Secaderos y preparación de redes
- 2) Almacenes armadores
- 3) Oficinas
- 4) Varios (aparcamientos, etc.)
- 5) Industrias

Son muy variables las necesidades de un puerto a otro y no sólo por número de barcos, descarga, etc. sino también por usos y costumbres.

En algunos puertos (ej. Huelva) cada armador dispone de su propio almacén y zona de secado de redes con superficies de 20 x 80 = 1.600 m^2, con una media de 2 ó 3 barcos por cada unidad, lo que es excesivo; en otros el armador tiene un almacén con uno o dos pisos y planta de 10 x 15 = 150 m^2 y tendedero de redes común, etc.

En cuanto a las industrias, no sólo se refieren a las conserveras sino a otras complementarias, etc.

Algunos especialistas fijan una superficie total terrestre casi igual a la marítima, pero volvemos a insistir que hay que analizar cada caso.

Finalmente hay que reservar los espacios para viales (Ferrocarril y carretera), así como aparcamientos, etc.

3.4.4.3. Las zonas industriales

Una zona industrial no forma parte realmente de un puerto, sino que se trata de una especie de polígono industrial situado en sus cercanías que se beneficie de su proximidad. Es distinto

del puerto industrial propiamente dicho donde el muelle forma parte de la factoría del mismo modo que un ramal de ferrocarril o una autovía de acceso. En estos casos el dimensionamiento del espacio terrestre viene fijado por las necesidades de la factoría y bajo el aspecto portuario lo que hay que hacer es dimensionar los muelles y dársenas al servicio de ella.

La planificación y dimensionamiento de una zona industrial es por tanto la de sus homólogas terrestres; las únicas diferencias pueden venir por las conveniencias de adecuar el acceso terrestre con el portuario, así como por la naturaleza y características de las industrias que en ella se instalen ya que pueden diferir de las de tierra adentro.

En cualquier caso, los aspectos fundamentales que deben analizarse son:

- a) Necesidades de superficie
- b) Tráfico engendrado y comunicaciones y acceso
- c) Servicios necesarios

a) Superficies

Las necesidades son muy diferentes según sea la industria.

Se dan muchas cifras que varían de unos paises a otros; las de las industrias básicas son las siguientes:

Siderurgia.....	350 Has.
Refinerías.....	150 "
Petroquímica.....	100 "
Astilleros.....	50 "
Plantas de aluminio, etc.	30 "
Plantas textiles.....	10 "
Plantas industria ligera.....	3 "

En la ponencia de Waldemarson, Director del Puerto de Malmoe, Suecia, en el C.I. Navegación de Paris 1969, se dan una serie de datos muy interesantes y valiosos sobre las necesidades de terrenos en función del número de empleados y del valor de la producción.

Industria	Superficie empleado m2	Edificio empleado m2
Metalúrgica	167	31
Carreteras, etc.	648	79
Madera	304	52
Celulosa y papel	431	61
Alimenticia	125	42
Textiles y ropas	43	13
Cueros, caucho	132	23
Químicos y similares	379	62
Media	170	32

En cualquier caso, los terrenos tienen que tener unas dimensiones mínimas apropiadas ya que parcelas muy largas y estrechas pueden ser ineficaces, o al contrario disponer de una gran fachada de acceso a las vías de enlace y tener poca profundidad. La ocupación media de la edificación suele ser del 12 al 14% del total de la superficie.

Por otro lado, debe disponerse la planificación de la zona de acuerdo con las características de las industrias colocando cada una en el lugar más adecuado -cercanías de muelles y de líneas de comunicación, etc.- y aprovechando los espacios sobrantes para aparcamientos, actividades auxiliares, etc.

Los terrenos suelen tener dimensiones rectangulares, oscilando sus lados de 2/3 a 2 veces la profundidad del solar de la longitud de la fachada, por ejemplo:

Fachada	Profundidad	Superficie
60	40/120	2.400/7.200
90	60/18	5.400/16.200
120	80/240	9.600/28.800

b) Tráfico engendrado y comunicaciones y accesos.

b_1) Tráfico

La zona industrial genera un tráfico de doble aspecto: por un lado el de mercancías de entrada y salida; y por otro, el de pasajeros motivado por el personal que trabaja en las factorías y actividades.

El de mercancías depende mucho del tipo de industrias que se instalen; para la planificación de las redes viarias debe calcularse la parte que utilizará el ferrocarril y carretera.

Como cifras medias de una gran zona industrial con diversos tipos de producción se puede dar la de 5 a 6.000 Tn/Ha lo que supone una media de unos 1.200 vehículos totales por Ha/año. En algunas publicaciones se da la cifra de 15 a 20 vagones por Ha/ y mes para el tráfico ferroviario.

En cuanto a los medios de transporte del personal se puede aceptar la cifra de un vehículo cada cuatro personas que trabajan en la zona.

En la revista Urbanismo (nº 122/1971) se dan como cifras para la utilización de los medios de transporte en USA (industrias dispersas en red urbana) las siguientes:

Vehículos particulares	:	50% de los trabajadores
Vehículos de dos ruedas	:	40% de los "
Vehículos de transporte colectivo	:	2% de los "

En otras encuestas las cifras son : (industrias situadas en las urbes).

Vehículos de dos ruedas	:	45% de empleados
Vehículos particulares	:	20% " "
Vehículos de transporte colectivo	:	15% " "
Peatones	:	20% " "

Si tomamos como cifra de superficie ocupada la de 200 m^2 - por empleado, esto equivale a 50 personas/Ha y como mínimo debe aceptarse unos 10 coches/Ha lo que genera una IMD en el acceso de 20 vehículos día/Ha.

b_2) Redes viarias

La densidad de la red así como su longitud total dependerá del tráfico que se origine.

En carreteras suele aceptarse la cifra de 60 a 70 mts/-Ha, con anchos de 3,50 por vía y arcenes o aceras de 1,50 a 3,00 m en las carreteras principales y de sección 6/8 en las secundarias.

Para el ferrocarril se calcula de 30 a 40 m/Ha.

Independientemente deben fijarse los accesos generales (más de uno en carreteras) y su conexión con las redes exteriores, así como las zonas de aparcamiento y maniobra, al igual que en - la red portuaria.

c) Servicios

Los servicios usuarios se refieren fundamentalmente al alcantarillado, abastecimiento de aguas, energía eléctrica y - alumbrado.

Se da a continuación unos cuantos datos sobre estas necesidades (Urbanismo nº122/71).

Abastecimiento de agua

En industrias pesadas con fuerte consumo de agua.

- Agua potable : 10 m^3/Ha/día (puntas de 6 a 8 veces)
- Agua industrial : 85 m^3/Ha/día

Zona de industrias medias

- Agua potable : 30/40 m^3/Ha/día (puntas de 3 a 4)

Zona de pequeñas industrias

- Agua potable : 25/35 m^3/Ha/día (puntas de 3 a 4)

Longitud de conducciones : 60/80 mts/Ha.

Alcantarillado y saneamientos

Si se tienen dos redes separadas para aguas de lluvia y residuales las cifras son:

- Aguas de lluvia: la de pluviometría con un coeficiente de reducción del 50% más el 40% del consumo industrial.
- Aguas residuales: Alrededor de 10 m^3/Ha/día más un porcentaje de las industriales.

La longitud de la red viene a ser de 100 a 150 m/Ha por red.

Alumbrado y energía

La tensión normal es de 15 a 20 KV. La potencia instalada oscila entre las cifras siguientes:

- Zona de menos de 50 Ha ---- 120 KW/Ha
- Zona de 50 a 100 Has ---- 100 KW/Ha
- Zona de más de 100 Has ---- 80 KW/Ha

El alumbrado debe alcanzar el siguiente grado:

- Parques de ferrocarril ---- 4/8 lx
- Carreteras ---- 8/16 lx
- Alumbrado general ---- 8/16 lx
- Alumbrado de trabajo ---- 20 lx

Como cifras medias de puntos de luz pueden tomarse las de 2 postes por Ha y de 25 a 30 báculos por km de carretera.

d) Costes

Como cifras orientativas, pueden darse las de la ponencia sueca de Paris; para la construcción y explotación de una zona industrial.

Creación

- Relleno --- 53%
- Alcantarillado --- 10%
- Calles --- 25%
- Ferrocarril --- 10%
- Alumbrado --- 2%

Explotación y conservación (incluido limpieza).

- Carreteras --- 41%
- Ferrocarril --- 26%
- Alumbrado --- 14%
- Administración --- 19%

3.5. METODOS MATEMATICOS. METODOS ANALITICOS

3.5.1. Antecedentes

3.5.1.1. Necesidad de nuevos métodos de dimensionamiento

En los métodos empíricos se supone que el tráfico es uniforme a lo largo del año y las cifras de rendimiento se obtienen basándose en una utilización contínua de las instalaciones prescindiendo de posibles alteraciones en la llegada de los barcos y de que existan períodos donde se producen coincidencia de más unidades en operaciones que instalaciones disponibles, con la consiguiente aparición de esperas y estadías superiores a las calculadas creándose congestiones que alteran y encarecen la operación portuaria; como contrapartida en otros periodos no habrá barcos en puerto y las instalaciones sin utilizar gravarán el coste final de las operaciones.

Tampoco se contemplan las posibles alternativas de valoración de los distintos elementos que intervienen en el rendimiento de la operación y por tanto en el dimensionamiento y coste de las instalaciones.

En cada caso sería necesario estudiar ventajas e inconvenientes de cada alternativa para poder elegir la solución óptima desde los diferentes puntos de vista que deben tenerse en cuenta al planificar la instalación, cosa que en el método empírico no es posible hacerlo, pues cada variante supondría un estudio diferente lo que prácticamente hace imposible la busca de esta optimización y lo único factible es realizar una simplificación total a base de elegir la solución que por experiencia se estima la mejor.

Lo mismo se podría decir de otra serie de aspectos no considerados en el método empírico que corroboran que este método no es ideal ni suficiente siquiera en muchos casos pudiendo inducir a errores básicos y que haya necesidad de recurrir a otros procedimientos.

Esto no significa ni mucho menos, que se pueda afirmar rotundamente como hacen algunos autores que el método empírico no sea útil, o que es un grave error utilizarlo, sino que al revés podemos decir que es el adecuado en ciertos casos y básico e in-

dispensable en la creación del esquema general que sirve de base a cualquier planificación del puerto; pero que debe ser complementado en algunos planeamientos y en otros estudios comenzando por él y siguiendo por otros medios. Lo que sucede es que se confunde Planificación con Dimensionamiento.

3.5.1.2. Los métodos matemáticos

A) El proceso de la operación portuaria se caracteriza por la existencia de una serie de actos que se producen de forma aleatoria.-llegada de barcos, etc.-que influyen sobre las sucesivas operaciones, así como de otra serie de condicionantes físicos y de alternativas de medios y equipos e instalaciones que originan una serie de posibles elecciones entre las soluciones que deban compararse entre ellas para escoger la óptima tanto desde el punto de vista económico como de cualquier otro aspecto.

Se puede concretar el problema de la planificación y dimensionamiento como un problema de decisión.

Para este tipo de cuestiones la Investigación Operativa abre unas inmensas posibilidades que permiten plantear el problema en su conjunto y mediante el establecimiento de un modelo matemático que representa el proceso portuario y donde intervienen las diferentes variables que determinan la operación, fijar las magnitudes de los elementos que forman el sistema de manera que se logre el óptimo deseado.

Concretándonos al problema portuario y prescindiendo de entrar en el estudio de la aplicación de la Investigación Operativa se puede ver que la operación portuaria es un proceso de tipo aleatorio que puede encuadrarse como un problema de espera; en estos casos las variables son aleatorias y su cumplimiento es independiente de una determinación previa.

B) Este tipo de problemas puede resolverse mediante un modelo de tipo "probabilístico" y por "teoría de colas" podemos calcular el número de barcos simultáneos en puertos pidiendo atraque -o en espera por falta de muelles, cuando se puede determinar previamente la ley de llegada y servicios. Lo mismo puede aplicarse a una serie de aspectos de la actividad portuaria.

Este método es el que llamamos analítico y liga la llegada de barcos, el número de atraques y los tiempos de espera y servicio. La importancia es extraordinaria porque el factor decisivo en el coste total de las operaciones es el de la tasa diaria del barco, y por tanto las pérdidas por demora repercuten extraordinariamente debiendo reducirlas el mínimo compatl

bla con el aumento de coste por mayores instalaciones al aumentar el número de atraques.

C) Pero a veces estos métodos analíticos no son aplicables a ciertos problemas portuarios debido a la complejidad de la actividad portuaria no cumpliéndose las leyes matemáticas supuestas, así como en los casos donde se debe analizar la situación a lo largo del tiempo variando una serie de datos básicos, siendo muy difícil e imposible el encontrar un modelo matemático apropiado.

En estos casos es preferible acudir a los métodos de "Simulación" donde se produce el fenómeno a lo largo del tiempo; en el modelo se introducen las diferentes hipótesis y variables mediante parámetros, repitiendo la operación tantas veces como variantes queremos analizar, pudiendo conocer los resultados de cada caso y tomar la decisión más conveniente. Para éstos cálculos se acude a la ayuda de un ordenador electrónico que permite realizar rapidísimamente cálculos complicados y obtener la marcha del puerto durante varios años en un breve período de horas, aunque a veces es tan complicado el proceso que hay que introducir simplificaciones que limitan la exactitud del método.

Dada la complejidad de la actividad portuaria y la multitud de problemas de toda índole que pueden presentarse se deduce que prácticamente los métodos de la investigación operativa pueden analizarse en todos los casos, pero los fundamentales para la planificación y dimensionamiento del puerto son los que se refieren al servicio del barco en operaciones, aunque en explotación deben analizarse todos ellos.

A continuación se analiza brevemente el fundamento y aplicación a los problemas portuarios de los siguientes métodos:

a) Métodos analíticos (Teoría de Colas)

b) Métodos de Simulación

3.5.2. Métodos analíticos

3.5.2.1. El problema general

En todas las actividades donde exista una demanda de servicio por parte de unas unidades o clientes que llegan sucesivamente y de forma irregular en el tiempo para ser atendidos por un número de estaciones o puntos de servicio se puede producir un fenómeno de espera.

Los aspectos básicos de este fenómeno son:

a) Esquema de servicio
b) Las llegadas de usuarios

c) El número de estaciones de servicio
d) El tiempo de servicio de cada unidad

3.5.2.2. Esquema del Servicio

El esquema de un puerto puede diferir grandemente según sean sus características -puertos con varias dársenas y tráficos o un simple cargadero especializado,- y dentro de cada tipo varían sus necesidades, formas de servicio, etc. por lo que serían muy difícil tratar de operar con un modelo universal o general sino que en cada caso habrá que tratar de determinar el esquema apropiado.

Sin embargo se puede simplificar grandemente el problema si se tiene en cuenta que cada tráfico debe obrar con independencia de los demás, es decir, que cada muelle o instalación está destinado a un tráfico específico y que las necesidades y soluciones del tráfico de petróleos no tiene nada que ver con las de los tráficos de minerales o de mercancía general.

Sólo serán comunes las operaciones de entrada hasta el fondeadero o hasta la boca de la dársena correspondiente, es decir, prácticos, remolcadores, zonas de fondeadero, etc.

Podemos por tanto dividir el esquema del puerto en dos partes distintas:

A) Servicios Generales: Entrada, practicaje, remolcadores, puertos de fondeo, esclusas generales, etc.

B) Dársenas o muelles: Se consideran instalaciones especializadas por tráfico, con separación de los problemas.

El primer caso deberá ser analizado para determinar las necesidades de prácticos, remolcadores, puntos de fondeo, servicios generales a la entrada del barco -policía, sanidad, etc.

El segundo caso es el que afecta directamente al dimensionamiento de las instalaciones portuarias y es el que de una manera especial interesa al puerto.

La estructura del sistema estará compuesta de la siguiente forma:

Fuente ⟶ Nº de barcos del tráfico considerado

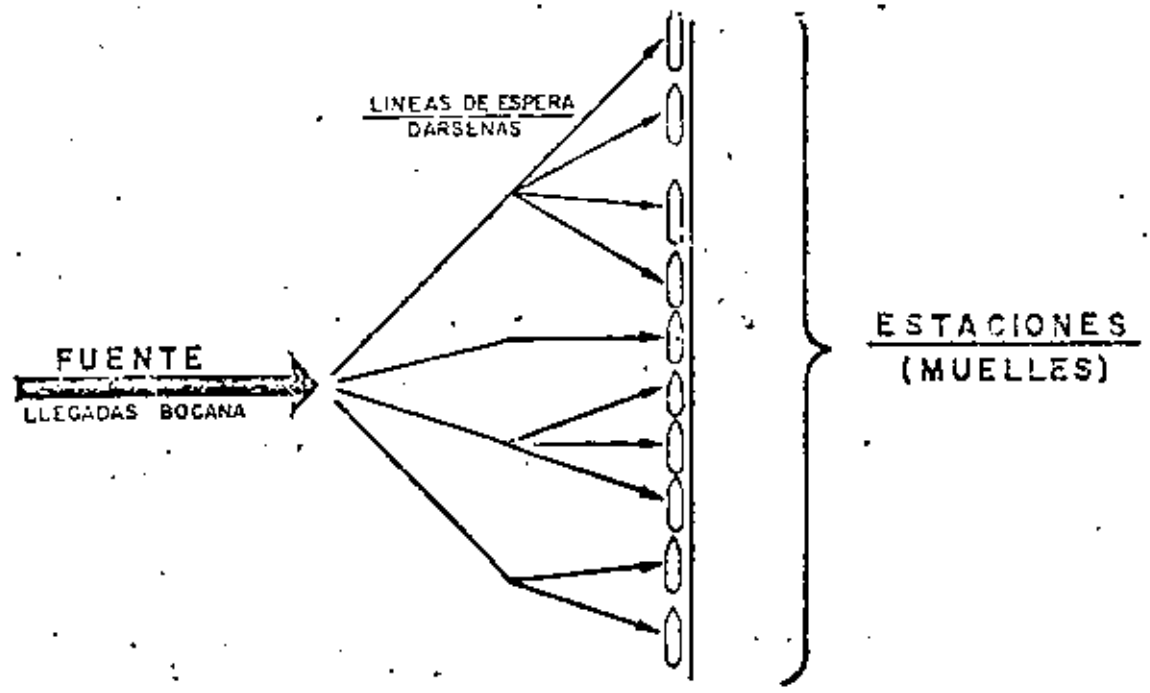
Línea de espera → Unica (por dársena)

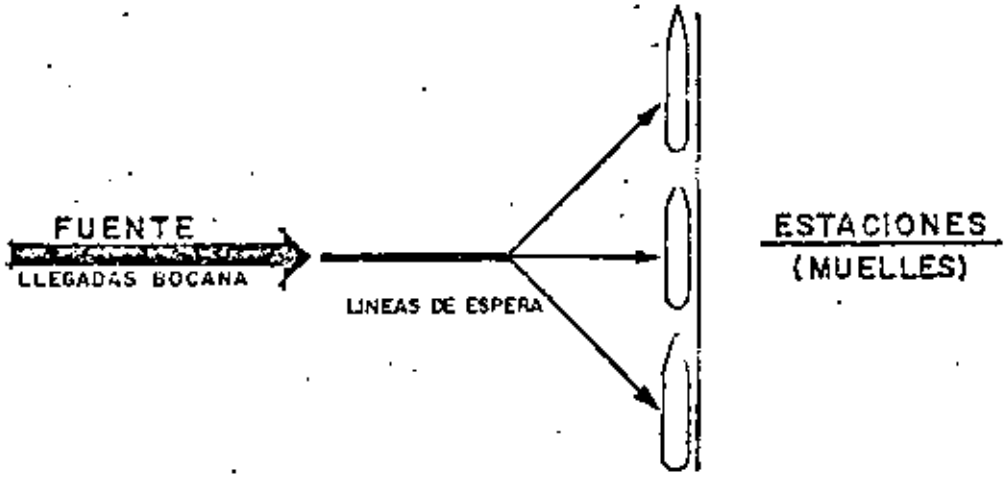
Estaciones ⟶ Atraques existentes (uno o varios)

Las unidades que existen estarán o en la línea de espera o recibiendo servicio de forma que

$N = N_1e + N_s$ (Si $N \lessgtr$ Nºestaciones, entonces $N_1e = 0$)

En cualquier caso, la capacidad del sistema, es decir, el n.º


LINEAS DE ESPERA
DARSENAS
FUENTE
LLEGADAS BOCANA
ESTACIONES
(MUELLES)


FUENTE
LLEGADAS BOCANA
LINEAS DE ESPERA
ESTACIONES
(MUELLES)

mero de clientes despachados en conjunto de todas las estaciones en un tiempo dado, debe ser mayor que el número de los que llegan o de lo contrario aumentarían las colas indefinidamente, cuestión que está fuera de nuestro estudio.

Pueden existir prioridades de atender a los clientes, (sería el caso de los buques correos o de pasajeros) pero generalmente se acepta la regla FIFO (First in - Firt out), o sea despachar por orden de llegada.

Como N, N_1e y N_s varían al azar (con el tiempo y de forma aleatoria) lo harán de acuerdo con una ley de probabilidades que debe determinarse.

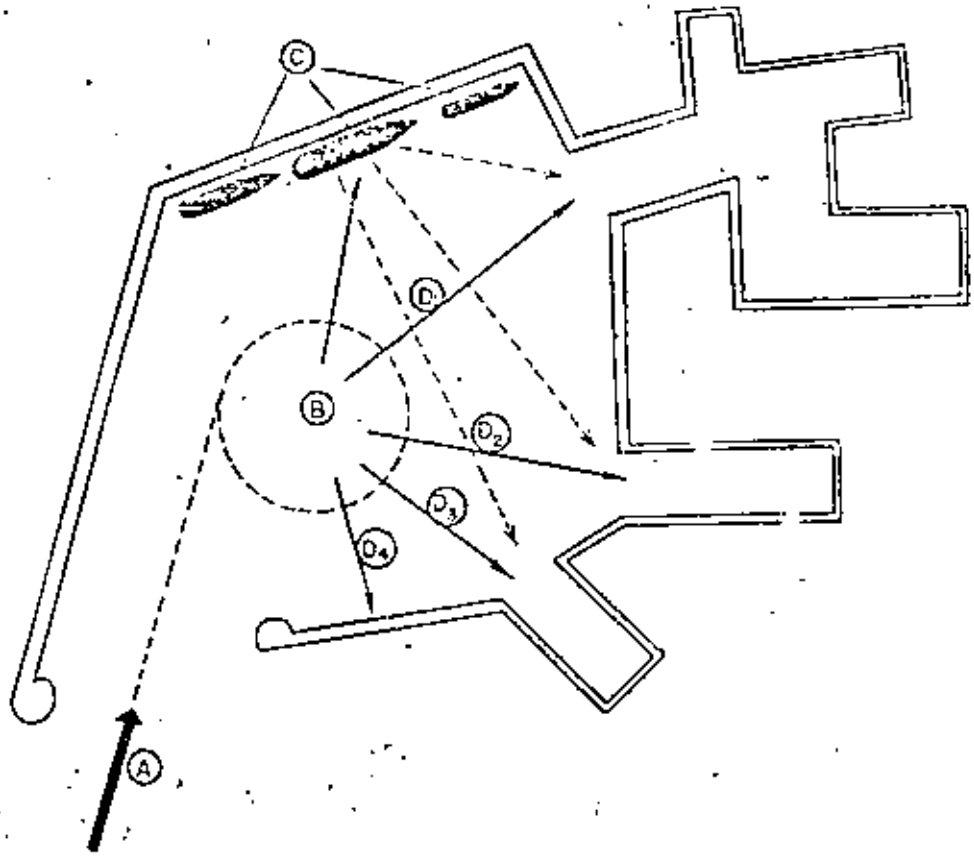
En el caso de una línea y varias estaciones (que es el que vamos a tratar), si existen más unidades en el sistema que estaciones de servicio se producirá cola y existirán unidades en espera; por el contrario, si es menor existirán estaciones desocupadas.

Como el que los clientes esperen puede producir pérdidas (bien por la pérdida de clientela y fama de eficacia del puerto o bien por la valoración del tiempo inactivo) convendría que se eliminasen las esperas aumentando el número de estaciones de servicio; pero esto supone una inversión que aumenta con el número de las que se instalen y como habrá tiempo que no estén en trabajo por no haber unidades en espera; se producirá una pérdida proporcional al tiempo de inactividad de la instalación.

El ideal sería conseguir un resultado económico óptimo de costo mínimo o de pérdidas mínimas para lo que se debe calcular los tiempos perdidos por ambas partes valorándolos de acuerdo con sus precios unitarios del tiempo y comparando los resultados producidos al variar el número de atraques. Esto que es lo que suele hacerse frecuentemente por los portuarios no debe ser el único factor de la decisión, aunque sea el más importante, pues pueden existir algunos casos donde sea necesario considerar otros factores, tales como tratar que las esperas no sean excesivas limitándolas a un porcentaje del tiempo de servicio, aunque como es natural esto suponga un encarecimiento y no resulte "óptimo" económico o sea el mínimo gasto.

Si analizamos las operaciones referentes al servicio del barco desde su entrada hasta su despacho del muelle, se pueden asimilar sus diferentes fases a los aspectos de cualquier problema de servicio y esperas:

α) Llegada de clientes - Llegada de barcos
β) Número de estaciones - Número de muelles o atraques
γ) Tiempo de servicio - Entancia del barco en amarre
δ) Sistema - Dársena adscrita al tráfico

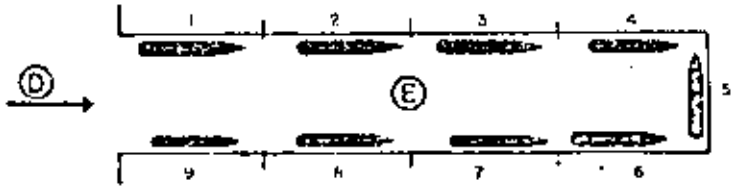


(A) = ENTRADA GENERAL AL PUERTO.

(B) = ZONA DE MANIOBRA, EVOLUCION Y ESPERA.

(C) = LINEA DE ESPERA DE LAS DARSENAS.

(D_1)(D_2)(D_3)(D_4) = DARSENAS Y ATRACADEROS ESPECIFICOS.



(D) = FUENTE DE ENTRADA (DIRECTA DE AB Ó A TRAVES DE LA LINEA DE ESPERA C).

(E) = ATRAQUES O ESTACION.

El problema que se nos presenta será el de determinar el número de atraques necesarios para que (conocidas las leyes de llegadas y de servicios así como las diferentes circunstancias y factores que pueden intervenir) el coste total sea el óptimo deseado, o bien conocer el costo adicional si se decide otra solución por cualquier causa.

De este óptimo depende del grado de utilización de los muelles, o sea de la relación entre los períodos en que están ocupados y los posibles totales. Si la utilización es alta, existe el peligro de que durante determinado número de días haya congestión o sea barcos en espera; si es baja sucederá que el aprovechamiento de la infraestructura es malo. Ya veremos que cuanto mayor sea el número de atraques para un mínimo coste, mejora el coeficiente de utilización; lo que significa que es posible un mejor explotación en los puertos con gran número de atraques similares que en los pequeños como saben por experiencia los que han trabajado en los puertos.

En cualquier análisis o estudio que se realice de un puerto o sistema portuario, es fundamental el disponer de unas estadísticas veraces y suficientes. Se deben referir tanto a la llegada de barcos (en número y tiempo), como tiempos de servicios (en operaciones, espera, paro, etc.), muelles de destino, pérdidas por cualquier causa (mal tiempo, congestión, falta de servicio, etc.).

3.5.2.3. Llegadas

Por la diversidad de tráficos y de servicios que pueden existir en los puertos, es lógico que la llegada de los barcos se produzca de múltiples formas; habrá puertos donde las llegadas se produzcan al azar, independientemente de cualquier determinación previa; y en cambio en otros sus llegadas estarán reglamentadas y las variaciones que se produzcan se deberán solo a alteraciones del programa producidas por causas ajenas.

En cualquier caso, lo que interesa es determinar las leyes que siguen las llegadas de los barcos; pueden agruparse como sigue:

a) A intervalos iguales o regulares

b) A intervalos desiguales pero determinados (es una modificación de la anterior)

c) A intervalos desiguales siguiendo una función de probabilidad o aleatoria.

3.5.2.4. Número de estaciones

En nuestro caso solo consideramos una línea de llegada, pu-

diendo existir una o varias estaciones (atraques) por línea.

Es el caso de un solo atraque en cargaderos o varios atraques homogéneos en una dársena dedicada al mismo atraque.

3.5.2.5. Tiempo de servicio

Corresponde al tiempo que el usuario está ocupando un puesto de atraque.

La duración es función de una serie de factores tales como tipo y volumen de la carga, características y rendimientos de las instalaciones, tráfico, y aún modalidades o costumbres del puerto (trabajo contínuo o por ciclos interrumpidos por períodos de paro, etc.).

Al mismo tiempo hay que tener en cuenta otros factores que pueden modificar las leyes de servicio, como son: las influencias que sobre el ritmo de carga puede tener el que existan barcos en espera aconsejando aumentar los rendimientos y las jornadas, o bien los tiempos de reserva de atraques para ciertos tráficos, etc.; esto supone una complicación indudable en la determinación de las leyes de estancia.

Prescindiendo de los casos más complejos, que por otra parte no tienen una solución matemática fácil ni comprobada, podemos aceptar que los tiempos de servicio tienen una duración:

a) Constante

b) Variable pero determinado

c) Aleatorio

3.5.3. Las leyes de llegada y de servicio y el tiempo de espera.

Las funciones y características del tráfico de un puerto influyen de manera decisiva en la ley de llegadas de los barcos; no será lo mismo un puerto de abastecimiento donde llegan multitud de barcos a repostar sin más condicionamiento previo que el que su ruta de navegación pase cerca del puerto, que un cargadero mineralero o cualquier baya petrolera, donde las llegadas están programadas a base de un determinado ritmo mensual de exportación en un tipo de barco dado, lo que supone fijar un número de barcos relativamente pequeño en un período de tiempo; al mismo tiempo hay que resaltar que tampoco es lo mismo las llegadas en las bocanas del conjunto de los barcos que arriban a puerto, que determinar la ley de llegadas para cada dársena por separado, que supone un número mucho menor para cada una de ellas.

Si se observan las llegadas de los barcos a los puertos, puede confirmarse que su distribución sigue prácticamente dos modelos:

a) Llegadas aleatorias

b) Llegadas programadas a intervalos iguales o desiguales

En los puertos con suficiente tráfico, puede verse que en la mayor parte de ellos la probabilidad de las llegadas cumplen o se ajustan a la Ley de Poisson. Se ha comprobado entre otros en La Guaira, Las Palmas, Bangkok, Dunkerke, Marsella, Osaka, Robe, Portkembla, etc.

Las condiciones básicas para que se produzca un proceso de este tipo son:

a) La probabilidad de que se produzca un suceso depende solo del intervalo t y no del instante inicial.

b) No suelen producirse dos sucesos simultáneamente.

c) Si la tasa de llegadas es λ, en un intervalo de tiempo Δt, la probabilidad de que se produzca el suceso es $\lambda \Delta t$

Con estas condiciones la probabilidad P_n (t) viene dada por la fórmula

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!}$$

donde $P_n(t)$ = probabilidad de que se produzcan n sucesos en el tiempo t

λ = tasa media de llegada

e = base de log. neperiano e = 2.718 ....

n! = Factorial de n.

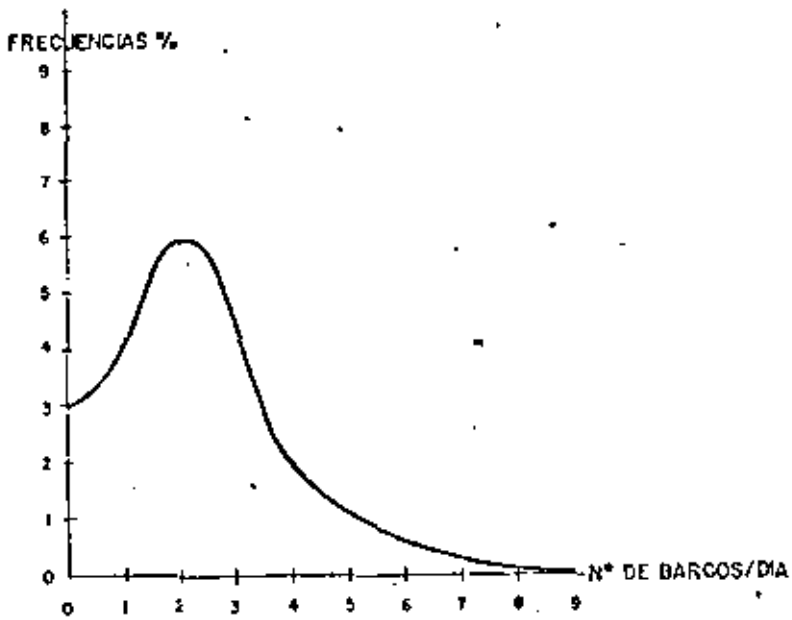
La probabilidad de que el tiempo que transcurra entre dos sucesos θ es mayor que φ es

$$Pr(\theta > \varphi) = e^{-\lambda \varphi}$$

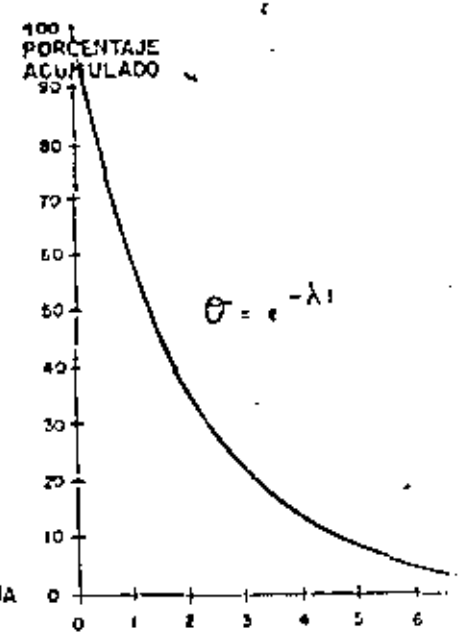
Los tiempos que median entre dos sucesos seguirán una ley exponencial con tasas λ en el caso de que el fenómeno aleatorio se produzca de acuerdo con la Ley de Poisson.

La comprobación de la ley de llegadas se hace mediante la observación de las frecuencias de intervalos determinando el intervalo medio. Se adopta la curva de distribución de probabilidad de intervalos como la exponencial negativa $Y = e^{-\lambda X}$ y se contrasta con el test X^2 de Pearson para comprobar si el ajuste es bueno y puede admitirse como válida la Ley de Poisson.

En el Puerto de la Guaira se obtuvo para 20 grados de libertad un nivel de confianza superior al 95% lo que indica un ajuste muy bueno pudiéndose adoptar por tanto dicha ley para el análisis del puerto.



LEY DE LLEGADAS (POISSON)



INTERVALO ENTRE LLEGADAS

En algunos casos (generalmente cargaderos especializados con nº de llegadas no siguiese la Ley de Poisson por lo que las fórmulas anteriores no serían aplicables. En estos casos habría que deducir las leyes correspondientes, aunque no es común este suceso que más adelante comentaremos.

3.5.4. Ley de servicios

Otro de los factores básicos en la operación es el de la duración del tiempo de servicio o sea el tiempo que el barco está ocupando el muelle.

El tiempo de servicio puede ser constante, variable pero determinado, ó aleatorio. Dentro del tiempo de servicio se incluyen no sólo los de operación estricta sino también los de paro por cualquier motivo (demoras en despacho, tardanza de equipos, mal tiempo, etc.), por lo que las previsiones pueden diferenciarse mucho de la realidad.

En algunos casos este tiempo sigue una ley exponencial; si llamamos n al número de unidades atendidas en un tiempo dado, la probabilidad de que el tiempo de servicio θ sea mayor que uno dado t es $Pr(\theta > t) = e^{-nt}$

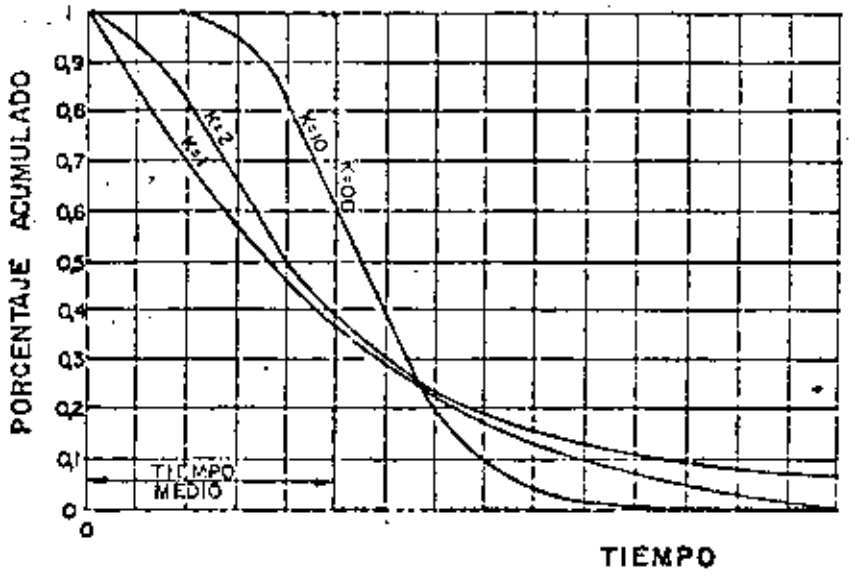
Sin embargo en muchos otros casos, la distribución no sigue esta ley sino que se ajustan mejor a otras, en especial a la de Erlang con fases K = 2.3.4. .....

La distribución es exponencial en La Guaira y en cambio Santos, Colombo, Oslo (vease Nagao y Ranai), Bangkok (veáse Jones y Blunden) Port Kembla (veáse White) se ajustan a una distribución de Erlang con K = 2.ó 3 e incluso se pueden encontrar sistemas portuarios con tiempos de servicio en los que K = 4 ó K = 6 (Rouen, veáse Chapón).

Hay que tener en cuenta que como el tiempo total en muelle viene afectado por varios factores e incluso habría que hacer intervenir los intervalos de paradas en el trabajo del muelle (normalmente se trabaja 8, 12 ó 16 horas y se para el resto), es natural que no se ajusten las distribuciones reales a las curvas teóricas.

Conocidas las estadísticas del puerto y ajustadas a las varias distribuciones (K = 1.2.3.....), aplicando el test X^2 de Pearson se comprobará cual es la más adecuada.

Elegida la función de Erlang y determinado por tanto el valor de la constante K, se deduce el tiempo medio en muelle T_b y por tanto la tasa media de servicio $\mu = \frac{1}{Tb}$ ó sea el número de barcos servidos en la unidad de tiempo.



LEYES DE SERVICIO

La fórmula general que nos da la probabilidad que el tiempo de muelle sea mayor o menor que t es

$$P_o(t) = e^{-K\mu t} \sum_{n=o}^{k-1} \frac{(K\mu t)^n}{n!} \text{ (ley de Erlang de orden K)}$$

en esta fórmula

t = tiempo dado

μ = tiempo de servicio

K = constante de Erlang

Si K = 1, entonces $P_o(t) = e^{-\mu t}$ que es el caso de la distribución exponencial; con K = 2, $P_o(t) = \ell - 2\mu t\ (1 + 2\mu t)$ y con K = ∞ la distribución es constante.

3.5.5. Número de barcos en puerto y tiempo de espera

Conocidas o determinadas las leyes de llegada, la disciplina del servicio, la ley de tiempos de servicios y la estructura del esquema de servicio, o sea número de atraques, se puede calcular la probabilidad de que un número n de barcos esten en el puerto (tanto en atraque como en líneas de espera) y deducir el tiempo medio de espera del barco y en consecuencia las esperas totales que se producirán en el puerto con los supuestos realizados.

Los casos que pueden existir son muy numerosos y es imposible entrar en el detalle de todos ellos; pudiendo encontrarse sus estudios en las obras especializadas.

Las diferencias básicas residen en el esquema del sistema portuario y en las leyes adoptadas.

El esquema puede estar formado por uno o varios canales de entrada y por uno o varios atraques; en nuestro caso, lo más frecuente es un solo canal de entrada (independizando dársenas) y uno (cargadero o punto de atraque único) o varios muelles de igual destino y características (dársenas o muelles de varios atraques).

En cuanto a las leyes de llegada, creemos que en el caso de los puertos españoles poco especializados es suficiente adoptar la ley de Poisson, aunque en algún caso deberá comprobarse o deducir la Ley más adecuada.

El tiempo de servicio puede ser el exponencial o el de Erlang con K = 2 ó 3; debe analizarse y adoptar la solución más adecuada. Si la distribución no es exponencial con K = 1 y existen varios atraques, hay que acudir al método de simulación para

poder resolver el problema.

Cuanto más uniforme sea el tiempo de servicio, disminuirá el tiempo de espera del barco, que teóricamente pasaría de un valor 100 a otro 50, al variar de K = 1 (exponencial) a K = ∞ (constante).

En los casos de cargaderos o atraques especializados donde se pueden programar las llegadas con cierta regularidad la utilización de los muelles mejora grandemente; esto está claro en el caso de terminales dedicados a servicios regulares numerosos donde la utilización llega a cifras muy superiores a las del tráfico ordinario.

3.5.6. Aplicación al cálculo del número de atraques

La importancia práctica de lo que hemos expuesto anteriormente está en poder determinar el número de atraques necesarios para permitir el tráfico previsto de forma óptima.

La primera dificultad está precisamente en definir ese óptimo: mientras que unos lo señalan como lograr el mínimo costo total para el conjunto de instalación-barco, otros señalan que hay otros factores como el que el tiempo de espera del barco no exceda de ciertos límites, y lo mismo puede decirse respecto a la opinión de que deberán atenderse todos los factores.

En segundo lugar, debemos resaltar el hecho de la gran complicación de las fórmulas matemáticas para expresar la conducta de la cola cuando las leyes de llegada y servicio no siguen a K = 1 y existe más de un canal. Por otro lado, en los casos de varios atraques se introducen simplificaciones mayores que pueden introducir serias mistificaciones en los resultados, como son las de suponer que el servicio de todos los atraques es uniforme, es decir trabajan al mismo ritmo, y eso sabe cualquier portuario que no es cierto; los de prescindir de tiempos de descanso, etc.

En cualquier caso deberá operarse sobre ciertas hipótesis con los datos disponibles y comparar diversos casos para obtener la solución más favorable.

Los casos más corrientes e importantes son:

a) Una dársena con varios muelles: La Ley de llegada Poisson y la de servicios exponencial; con otras leyes las ecuaciones son muy complejas y prácticamente no se utilizan. Es necesario acudir a otros métodos.

b) Un solo muelle: Puede estudiarse su comportamiento con las leyes del caso anterior o bien adoptando ley de llegadas Poisson y servicio Erlang o bien llegadas variables y servicio Poisson.

3.5.7. Caso de una dársena con varios muelles (Una línea y varias estaciones).

Ley de llegadas de Poisson y servicio exponencial

Suponemos que se trata de un tráfico homogéneo de forma que el barco puede ir a cualquiera de las vacantes así como que la disciplina de servicio es FIFO.

Se desea encontrar el número de atraques para que el costo sea mínimo considerado el conjunto del muelle-barco.

Se hacen una serie de simplificaciones tales como suponer la carga de igual rendimiento para todos los barcos; se prescinde de los periodos de descanso y parada; se supone la eslora uniforme, etc.

Este caso que se asimila al de una línea de espera con varias estaciones, se resuelve mediante la fórmula de Erlang que da la probabilidad de esperar (con n > s):

$$T_e = p\ (>o) = \frac{\dfrac{\psi^S}{S!\left(1-\frac{\psi}{S}\right)}}{\dfrac{\psi^S}{S!\left(1-\frac{\psi}{S}\right)} + 1 + \dfrac{\psi}{1!} + \dfrac{\psi^2}{2!} + \dots + \dfrac{\psi^{S-1}}{(S-1)!}}$$

Siendo en ella $\psi = \dfrac{\lambda}{\mu}$ " S = nº de atraques.

De esta fórmula se puede deducir la relación entre el tiempo de espera y el de atraque

$$\frac{T_e}{T_a} = \frac{\psi^S}{S\left(1-\frac{\psi}{S}\right)\psi^S + S\cdot S!\left(1-\frac{\psi}{S}\right)^2\left(1+\frac{\psi}{1}+\frac{\psi^2}{2!}+\dots+\frac{\psi^{S-1}}{(S-1)!}\right)}$$

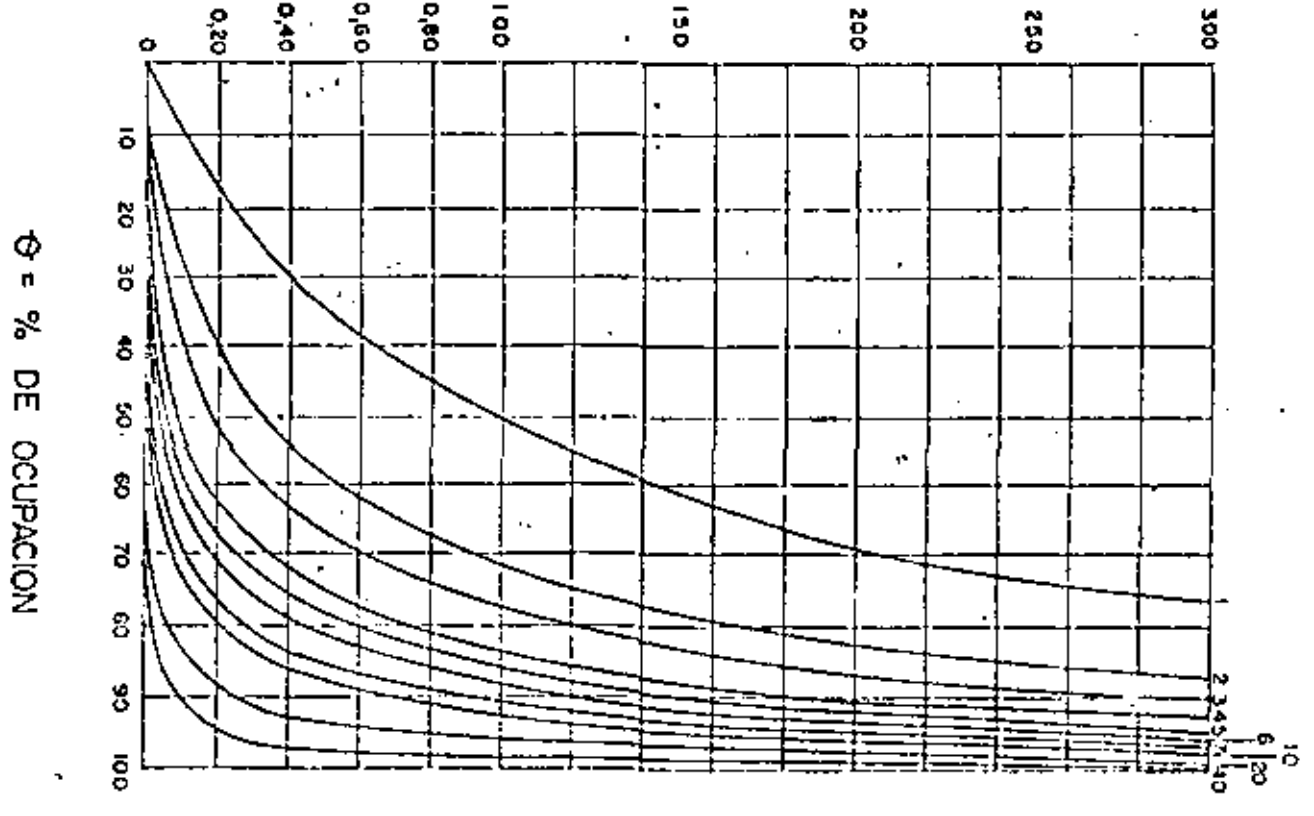
Por otro lado si llamamos θ a la ocupación de muelles en tanto por ciento, tenemos que

$$\theta = \frac{\lambda \cdot T_a}{S}$$

pero como $T_a = \dfrac{1}{\mu}$ y $\psi = \dfrac{\lambda}{\mu}$ la fórmula se puede escribir

$$\theta = 100\ \frac{\psi}{S} \quad ,, \quad \psi = \frac{S\,\theta}{100}$$

RAZON ENTRE TIEMPO MEDIO DE ESPERA Y TIEMPO MEDIO DE OCUPACION $\bar{W}/\bar{V}$



Sustituyendo en la ecuación tendremos en resumen

$$\frac{Te}{Ta} = \frac{\theta^{S}}{S \cdot S!\left(1-\frac{\theta}{S}\right)^2\left(\sum_{n=1}^{S-1}\frac{\theta^n}{n!} + \frac{\theta^S}{S!\left(1-\frac{\theta}{S}\right)}\right)}$$

Se puede construir una gráfica, donde se represente una familia de curvas S (nº de atraques) en ejes $\frac{Te}{Ta}$ y θ.

Para un valor dado de θ y un número de muelles S se obtiene: $\frac{Te}{Ta} = \delta$

Como sabemos que Ta = 1 y el número de barcos en un tiempo T es $T\lambda$, se puede escribir:

$$Te(t) = \delta \times \frac{1}{\mu} \times T\lambda = \delta \times T \times \psi = \delta \times T \times \frac{\theta}{100} \times S$$

Por otro lado el atraque ocioso o tiempo que el muelle estará desocupado en el periodo T será:

$$T_{oc}(T) = T \times S \times \left(1 - \frac{\theta}{100}\right)$$

La mercancía movida en el periodo T se puede obtener multiplicando el tiempo ocupado de atraques por el rendimiento R unitario, o sea

$$Q = T \times S \times \theta \times R$$

Si se deduce la tasa unitaria de la estadía del barco α_1 y la del atraque α_2 se obtiene:

$$\text{Costo de espera} = C_1 = \alpha_1 \times \delta \times T \times \frac{\theta}{100} \times S$$

$$\text{Costo de atraque ocioso} = C_2 = \alpha_2 \times T \times S \times \left(1 - \frac{\theta}{S}\right)$$

$$\text{Costo total } C = C_1 + C_2$$

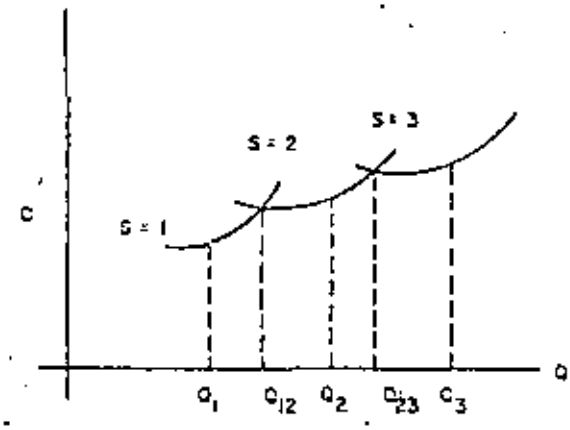
Finalmente el número de barcos en fondeadero $\bar{\nu}$ será igual al producto del número de barcos entrados diariamente o sea λ por el del tiempo medio de espera Te, y de la gráfica

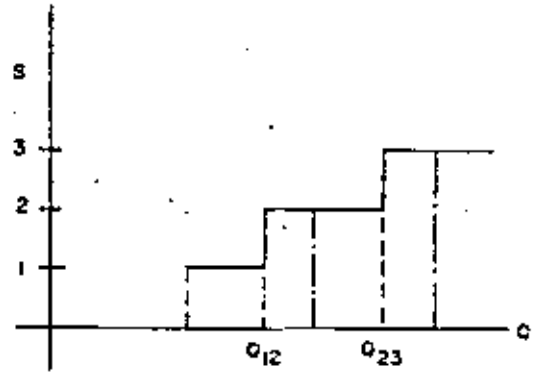
$\frac{S}{Te}$, $\frac{Te}{Ta}$, θ se obtiene:

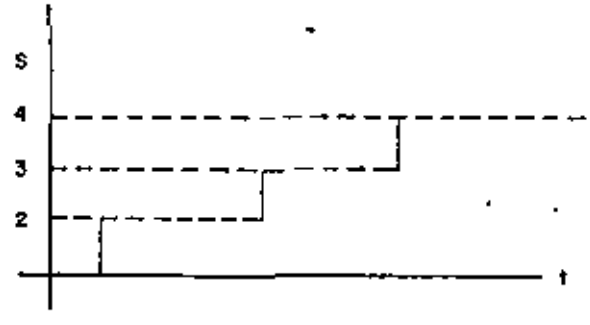
$$\bar{\nu} = \delta \times \frac{1}{\mu} \times \lambda \text{, o sea } Te \times \lambda$$

Para cada número de muelles S (1.2.3.....) se puede deducir para cada θ, dos valores Q = Carga movida y C = Costo total correspondiente (de estadías y atraques ociosos).

Se pueden dibujar una serie de curvas correspondientes a S (1.2.3. ....) en ejes Q y C que optimizan cada caso.


C
S = 1
S = 2
S = 3
Q
Q_1
Q_{12}
Q_2
Q_{23}
Q_3


S
3
2
1
Q
Q_{12}
Q_{23}


S
4
3
2
t

El mínimo C para cada caso Sn vendrá determinado por el -- punto donde corta a la curva Sn + 1 pues aunque el coste total sube, es menos el unitario $\frac{C_b}{Q}$; aunque aumenta la congestión del puerto parece que debe esperarse a construir otro atraque hasta que el costo disminuya con la nueva puesta en servicio.

Conocidos los óptimos se puede dibujar la gráfica que da - el aumento necesario del número de atraques S en función del tráfico esperado y a lo largo del tiempo.

De las fórmulas y curvas anteriores, se puede deducir en - función de θ (ocupación de muelles) S_n (nº de atraques) y un nuevo parámetro α (relación C_a/C_b del costo de inactividad del atraque a la estadía del buque) la ocupación óptima de explotación y el máximo absoluto de explotación.

3.5.8. Caso de un solo atraque (Una línea con un solo muelle)

Este es un caso muy interesante, pues es el de un cargadero ó una boya petrolera, etc., siendo donde más se utiliza y aplica esta teoría.

Existe bastante bibliografía y ejemplos de aplicación en diferentes puertos; sin embargo hay disparidad de opiniones entre los diversos autores sobre diferentes aspectos, tales como leyes de llegada y servicio, criterios de optimización de resultados, introducción de coeficientes correctores de la longitud de colas de espera, etc.

Conocido el comportamiento del sistema con llegadas Poisson y servicio exponencial, se analizan los casos de servicios y llegadas con leyes diferentes a las anteriores, que suele ser lo - que generalmente se produce en la realidad.

3.5.8.1. Llegada Poisson, Servicio Erlang

Las probabilidades de llegada de n barcos en el tiempo t y la de que el tiempo de servicio en el puerto sea igual o mayor que un tiempo t se deducen de las expresiones para la ley de llegadas y para la ley general de servicios.

Con estas distribuciones se puede determinar la probabilidad que haya número de navíos n en puerto (no debe confundirse - con el número de navíos de llegada, pues hay que contar con los que están en muelle recibiendo servicio), y por tanto la probabilidad de que haya más de un navío para realizar operaciones en el cargadero y se produzca una espera.

El tiempo medio de espera está dado por la expresión:

$$Te = \frac{\psi^2 (K+1)}{2K\lambda(1-\psi)} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \cdot \frac{K+1}{2K}$$

La longitud de cola o número medio barcos en cola es:

$$N_e = T_e \times \lambda = \frac{\psi^2}{1-\psi} \cdot \frac{K+1}{2K} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \cdot \frac{K+1}{2K}$$

de donde N_e = Nº de llegada de barcos/día. Las esperas disminuyen al aumentar el valor de K, es decir cuando el tiempo de servicio tiende a ser constante.

En el caso de llegadas aleatorias y tiempo de servicio independiente de los otros y de la longitud de cola, Miller utiliza la fórmula de Pollaczek-Khintchine donde el tiempo medio de espera está dado por la expresión $Tc = \mu \frac{\psi(1+C^2)}{2(1-\psi)}$ donde C = coeficiente de variación del tiempo de servicio, o sea relación de la desviación standard del tiempo de servicio al tiempo medio de servicio; en general C suele ser pequeño y por tanto C^2 no influye prácticamente.

Cuando el tiempo de espera aumenta, se puede producir una influencia sobre la distribución de llegadas; originándose una disminución o un efecto de contención de llegadas de forma que el número de barcos en cola es menor que el teórico (ver White), de forma que $Nc = A \cdot \frac{\psi^2}{1-\psi}$ variando A desde 0,5 a 0, cuando ψ varía desde cero a uno, es decir que siempre es menor que la expresión $\frac{K+1}{2K}$, que oscila entre 1-0,5 para los valores extremos de K entre 1 y ∞.

3.5.8.2 Llegadas Erlang. Servicios Poisson

En estos casos hay que determinar previamente la ley de llegadas y el valor de K así como que efectivamente el servicio se ajusta a la ley de Poisson.

En estudios y libros especializados se encuentran soluciones matemáticas para los diferentes casos de llegadas con valores K = 1.2, ...

Con los valores anteriores, se obtiene como valor del tiempo medio de espera.

$$\bar{w} = \frac{1 + \psi\mu_0}{\lambda\mu_0}$$

siendo μ_0 la única raiz negativa de la ecuación en μ : $\frac{1}{1+\psi\mu} = \left(1-\frac{\mu}{K}\right)^K$

Para K=1, las llegadas son Poisson y el resultado es el del caso general.

Para K=2.3... se obtendrán los valores de las ecuaciones resultantes.

Para K=∞ estaríamos en el caso de llegadas constantes.

Resolviendo los diferentes casos se puede ver que para un mismo coeficiente de ocupación del atraque, las esperas del barco disminuyen grandemente cuando las llegadas se ajustan a una

ley de llegadas con K creciente, lo que confirma lo que dice la experiencia, que la utilización del atracadero mejora al programar las llegadas lo más uniforme posible.

3.5.8.3. Otros casos

En los casos donde hay más de un atraque y las llegadas no cumplen con Poisson, o bien se introducen algunas circunstancias que modifican la disciplina de servicio, etc., las soluciones matemáticas o no existen o tienen una enorme complejidad que las hacen inaplicables prácticamente; en estos casos es preferible acudir a métodos de simulación aunque sea necesario introducir simplificaciones en las hipótesis.

3.5.9. Desarrollo del método

Para el uso del método analítico, la metodología seguida es la siguiente:

3.5.9.1. Caso general de una dársena con varios muelles y entradas con ley de Poisson y servicio exponencial.

1º. Estadísticas de entrada de barcos de acuerdo con los tiempos de llegada.

2º. Gráfica de llegadas y equiparación con las curvas de Poisson, Erlang, etc.

3º. Test X^2 de Pearson y comprobación de la bondad de su ajuste y determinación de la ley.

4º. Tasa media de llegadas.

5º. Estadísticas de estadías.

6º. Determinación de la curva de estadías y ajustes a leyes exponenciales, Erlang, etc.

7º. Tiempo de servicio μ

8º. Determinación de los tiempos de espera y de muelles vacantes de acuerdo con las expresiones correspondientes al sistema estudiado y leyes de llegada y servicio.

9º. Cálculo del costo y tasa del barco y del atraque por unidad de tiempo; deberá utilizarse un barco medio correspondiente al tipo de tráfico de la instalación.

10º. Construcción de la gráfica Tráfico/Costos en función del número de muelles.

11º. Gráficas θ, $\frac{C_t}{Q}$ en función de la ocupación del muelle y

del coste unitario de la operación, lo que permite deducir la operación que da el óptimo económico de costes totales mínimos.

12º. Determinación del número de atraques necesarios en función del tráfico probable.

3.5.9.2. Otros casos

En el caso de que se trate de sistemas con leyes distintas, a partir del punto octavo habrá que determinar (si es posible - encontrar la fórmula apropiada) el valor de las estadías en función de la ocupación resultante, y después valorar costes de estadías, de la instalación y rendimiento anual de la misma.

3.5.10. Análisis y comentarios

Un breve análisis del método antes expuesto permite hacer algunas puntualizaciones que son convenientes para determinar su campo de aplicación y grado de confianza de sus resultados. Las observaciones más importantes son:

a) En relación con las leyes de llegadas, se encuentra que se ajustan mejor a la distribución de Poisson conforme es mayor el número de barcos; pero teniendo en cuenta que al entrar en el puerto se distribuyen por las diferentes dársenas según el tipo de tráfico, tendremos que en cada dársena (línea con estaciones) ya es mucho menor el número de barcos y los ajustes a las distribuciones teóricas no son buenos. Esto se ve agravado por el hecho de que al aumentar el tamaño del barco disminuye el número de llegadas.

Por otro lado se supone que los atraques son iguales para todos los barcos con iguales características, lo que supone una simplificación excesiva.

b) En relación con los tiempos de servicio se introducen simplificaciones derivadas de prescindir de demoras debidas a paros e interrupciones de descansos, mal tiempo, tramitaciones, --- etc., lo que hace que en la realidad se separe mucho la curva de distribución de la exponencial teórica con K = 1. En muchos muelles se encuentra, como hemos citado anteriormente, que son más adecuadas las distribuciones de Erlang con K = 2,3, ... e incluso 4 ó 6.

En estos casos con más de un muelle, la fórmula analítica no es fácil de desarrollar y es imprescindible acudir a procedimientos de simulación.

c) En la determinación del valor del coeficiente θ de ocupación del atraque es donde suele estar uno de los puntos más debati-

dos y subjetivos del problema.

Conforme aumenta el coeficiente $\theta = \frac{\psi}{100} = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{1}{100}$ aumenta el número de barcos en cola y por tanto la espera media y las esperas totales; puede verse en los gráficos que relacionan ocupación y esperas en el caso de varios atraques, en la fórmula que nos da el número de barcos en cola cuando hay servicio Erlang $N_c = \frac{K+1}{2K} \cdot \frac{\psi^2}{1-\psi}$ y el tiempo de espera medio $T_e = \frac{N_e}{\lambda}$; es decir que crecen con ψ y por tanto con θ.

Algunos especialistas operan a base de lograr una optimización económica del conjunto barco-instalación (véase Nagao, Plumbee, Nicolau, Rodriguez Pérez, etc.), para lo que introducen la relación $\frac{C_B}{C_B + C_A}$, es decir coste del barco a coste del barco más coste de atraque, o bien directamente la relación $\frac{C_A}{C_B}$; Nagao llega en el caso de un muelle, llegadas de Poisson y servicio exponencial a la fórmula siguiente para determinar el grado óptimo de ocupación.

$$\rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{\beta}{1-\beta}}}$$, donde ρ = grado de ocupación y $\beta = \frac{C_B}{C_B + C_A}$

puede verse que conforme β es mayor disminuye el valor de ρ, cosa lógica por el aumento de valor de la unidad de tiempo del barco.

Con un valor de $C_B = 10$ y $C_A = 1$ (caso de los atraques de los grandes petroleros.

$$\beta = \frac{10}{11} \simeq 0.9. \quad \rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{0.9}{0.1}}} = \frac{1}{4} \simeq 25\%$$

si solo fuera

$$C_B = 3. \quad C_A = 1. \quad \beta = \frac{3}{4} = 0.75. \quad \rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{0.75}{0.25}}} = \frac{1}{2.7} \simeq 37\%$$

En el caso de que las llegadas sean Poisson, servicio Erlang, y S = 1, la fórmula es $\rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{K+1}{2K}\left(\frac{\beta}{1-\beta}\right)}}$, pudiendo deducirse que conforme crece K, crece ρ, es decir mejora el coeficiente θ de utilización, cosa que ya habíamos comentado al indicar que las ocupaciones mejoran al poder igualar el tiempo de servicio de los barcos.

Si S > 1 hay que resolver una ecuación de grado S.

Estos factores de ocupación que dan el costo óptimo originan unos tiempos de espera del barco altos, pues en el primer caso considerado, de un muelle y $\theta = 25\%$, la relación $\frac{T_{eb}}{T_a} \rightarrow 0,30$ y en el caso de $\theta = 37\%$ $\frac{T_{eb}}{T_{ab}} > 0,50$ que pueden considerarse excesivas.

d) Otros autores prefieren dimensionar los muelles de forma que la relación $\frac{T_c}{T_a}$ no exceda de un valor dado; hay dos casos donde por la característica del tráfico, o por las del servicio del puerto, o simplemente por la fama de la rapidez y bondad del servicio prestado, en los que no se desea que el barco espere mucho tiempo y para ello se fija una cifra máxima para la relación del tiempo medio de espera del barco al tiempo medio de servicio, es decir $\frac{T_c}{T_a} < \omega$. Se puede ver que para $\frac{T_c}{T_a} = 0,1$ la congestión en función del nº S de muelles será:

$$S = 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7$$

$$\theta(\%) = 10 - 30 - 40 - 52 - 58 - 63 - 70$$

La ocupación del muelle aumenta grandemente con el número de atraques y el resultado difiere grandemente del caso anterior.

En el caso general, de las curvas que relacionan $\frac{T_c}{T_a}$ y θ, puede obtenerse que para un muelle S = 1, y θ, los valores de $\frac{T_c}{T_a}$ y θ:

$$\frac{T_c}{T_a} = 0,10 - 0,25 - 0,42 - 0,68 - 1,00 - 1,50 - 2,3$$

$$\theta(\%) = 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 .$$

Estos valores de espera no son apropiados en ciertos casos, y la solución estará en trabajar con un coeficiente de menor utilización aunque no dé el resultado óptimo económico.

Con una distribución $K = \infty$, las relaciones anteriores serían.

$$\frac{T_b}{T_a} \quad (K = \infty) \; 0,8 - 0,10 - 0,20 - 0,32 - 0,50 - 0,72 - 1,10$$

$$\theta\,(\%) - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70$$

es decir bastante menores que en el caso K = 1, de acuerdo con la mejora de la explotación en el caso de uniformarse el tiempo de servicio.

En el cuadro adjunto, aparecen las relaciones $\frac{T_c}{T_a}$ en función de la ocupación de muelles θ y del nº de muelles S.

e) Si se representan las curvas θ, C_t en función de S, puede observarse que el costo unitario mejora grandemente con el aumento

Cuadro. Relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio

NUMERO DE PUESTOS DE ATRAQUE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0,050	0,053	0,003	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,052
0,100	0,111	0,010	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,100
0,150	0,176	0,023	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,150
0,200	0,250	0,042	0,010	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,200
0,250	0,333	0,067	0,020	0,007	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250
0,300	0,429	0,099	0,033	0,013	0,006	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
0,350	0,533	0,140	0,053	0,023	0,011	0,006	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,350
0,400	0,667	0,199	0,078	0,038	0,020	0,011	0,006	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,400
0,450	0,818	0,254	0,113	0,059	0,033	0,020	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,450
0,500	1,000	0,333	0,158	0,087	0,052	0,033	0,022	0,015	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,500
0,550	1,222	0,434	0,217	0,126	0,079	0,053	0,037	0,026	0,019	0,014	0,010	0,008	0,006	0,005	0,004	0,550
0,575	1,353	0,494	0,254	0,151	0,097	0,066	0,047	0,034	0,025	0,019	0,014	0,011	0,009	0,007	0,005	0,575
0,600	1,500	0,562	0,296	0,179	0,118	0,082	0,059	0,044	0,033	0,025	0,020	0,016	0,012	0,010	0,008	0,600
0,625	1,667	0,641	0,344	0,213	0,143	0,101	0,074	0,056	0,043	0,034	0,027	0,021	0,017	0,014	0,012	0,625
0,650	1,857	0,732	0,401	0,253	0,173	0,124	0,093	0,071	0,055	0,044	0,035	0,029	0,024	0,020	0,016	0,650
0,675	2,077	0,837	0,468	0,301	0,209	0,152	0,115	0,090	0,071	0,057	0,047	0,038	0,032	0,027	0,023	0,675
0,700	2,333	0,961	0,547	0,357	0,252	0,187	0,143	0,113	0,091	0,074	0,061	0,051	0,043	0,037	0,031	0,700
0,725	2,636	1,100	0,642	0,426	0,305	0,229	0,178	0,142	0,115	0,095	0,080	0,067	0,058	0,049	0,043	0,725
0,750	3,000	1,286	0,757	0,509	0,369	0,281	0,221	0,178	0,147	0,123	0,104	0,089	0,076	0,066	0,058	0,750
0,775	3,444	1,504	0,899	0,616	0,451	0,347	0,276	0,225	0,187	0,158	0,135	0,117	0,102	0,089	0,079	0,775
0,800	4,000	1,778	1,079	0,746	0,556	0,431	0,347	0,286	0,240	0,205	0,176	0,154	0,135	0,119	0,106	0,800
0,825	4,714	2,131	1,311	0,917	0,689	0,543	0,441	0,367	0,311	0,267	0,232	0,204	0,181	0,161	0,145	0,825
0,850	5,667	2,604	1,623	1,149	0,893	0,693	0,569	0,477	0,408	0,353	0,310	0,274	0,245	0,220	0,199	0,850
0,875	7,000	3,267	2,062	1,476	1,132	0,908	0,751	0,635	0,547	0,478	0,422	0,376	0,338	0,306	0,279	0,875
0,900	9,000	4,263	2,724	1,969	1,525	1,234	1,038	0,897	0,791	0,660	0,596	0,533	0,482	0,439	0,402	0,900
0,925	12,333	5,926	3,829	2,796	2,165	1,782	1,497	1,295	1,137	0,993	0,878	0,802	0,729	0,668	0,614	0,925
0,950	19,000	9,256	6,047	4,457	3,511	2,885	2,431	2,110	1,855	1,621	1,486	1,368	1,233	1,136	1,049	0,950
0,975	38,999	19,252	12,700	9,451	7,504	6,211	5,301	4,602	4,060	3,647	3,295	3,006	2,762	2,553	2,371	0,975

Fuente: Cálculos efectuados por la secretaría de la UNCTAD según la fórmula de la teoría de las colas (distribución de Poisson para las llegadas de buques y distribución exponencial para los tiempos de servicio). Se supuso que los puestos de atraque se asignaban por orden riguroso de llegada de los buques.

PARA EL CALCULO DE LOS PUESTOS DE ATRAQUE

de instalaciones y tonelaje; las curvas deducidas del ejemplo donde se ha supuesto que el valor del tiempo unitario del terminal es de 2.660 y el del barco 17.400, es decir que la relación $\frac{C_{ut}}{C_{ub}} \simeq 0,15$, los valores de θ y los correspondientes de $\frac{T_{eb}}{T_{ea}}$ (sabiendo que $Q = T.S.R.\theta$, es decir $\theta = \frac{Q}{T \times S \times R}$).

S =	1	2	3	4	5	6	7
θ(%) =	32	42	45	51	55	58	61
$\frac{Teb}{Ta}$ =	0,44	0,22	0,14	0,09	0,08	0,07	0,04

y los valores donde se cortan las curvas es precisamente el punto de coste unitario mínimo.

Comparando este resultado con el que obtenido para el caso de $\frac{Teb}{Tea} = 0,1$, se puede ver que conforme aumenta el número de muelles disminuyen las estadías y a partir de un número de S grande (en este caso $S \geq 4$) prácticamente las demoras son inferiores a las que se obtienen a base de obtener el óptimo económico.

f) Como resumen de lo anteriormente expuesto se pueden sacar entre otras las siguientes conclusiones:

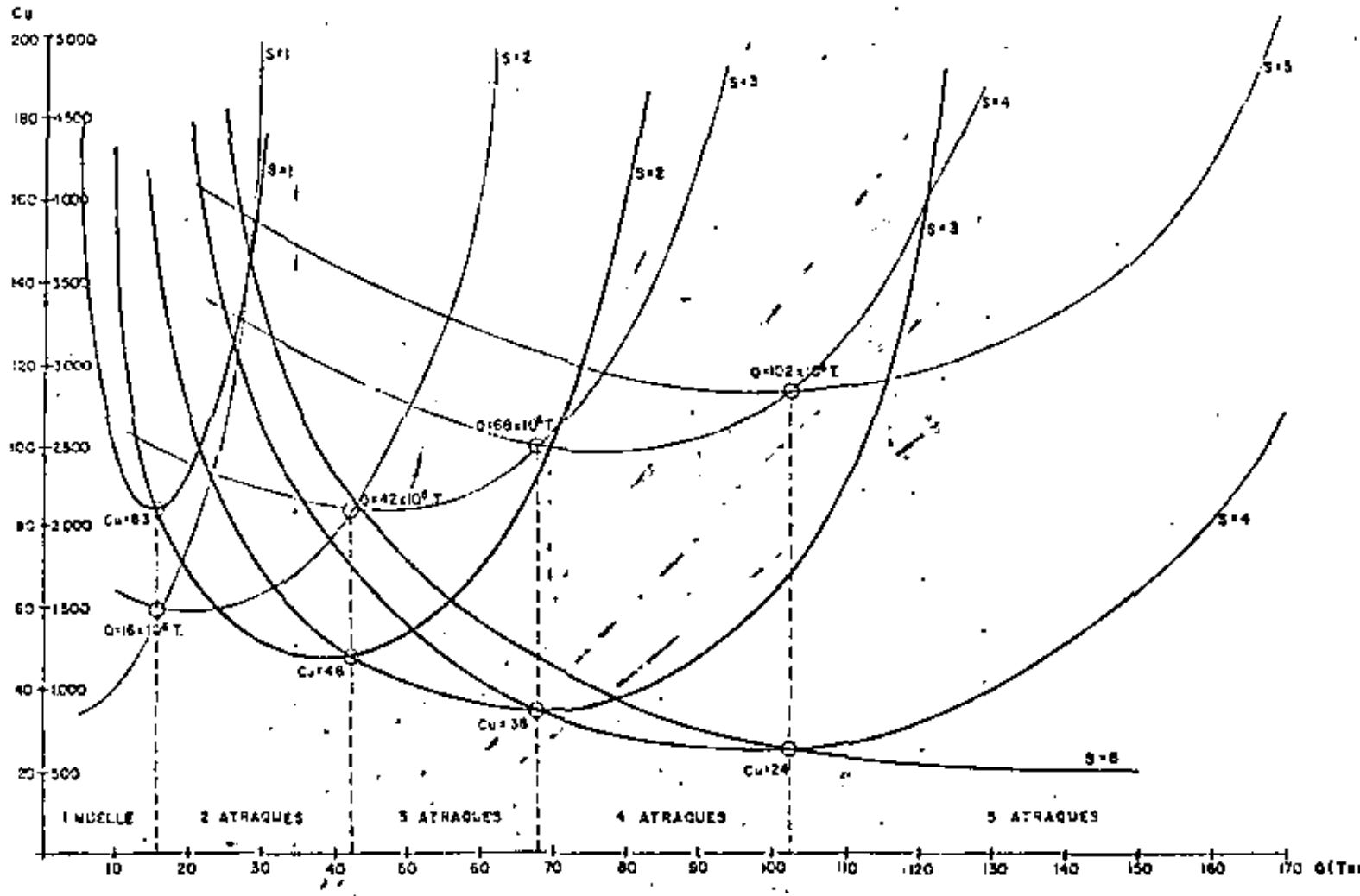
- Las diferencias que pueden obtenerse por adoptar leyes de llegada y servicio que no reflejan la realidad, hace necesario que previamente a toda decisión, deba analizarse a fondo este aspecto y tratar de encontrar las estadísticas más seguras. En cualquier caso deben tomarse hipótesis medias, nunca optimistas, para que pueda absorberse cualquier anormalidad o diferencia entre lo supuesto y lo que ocurre.

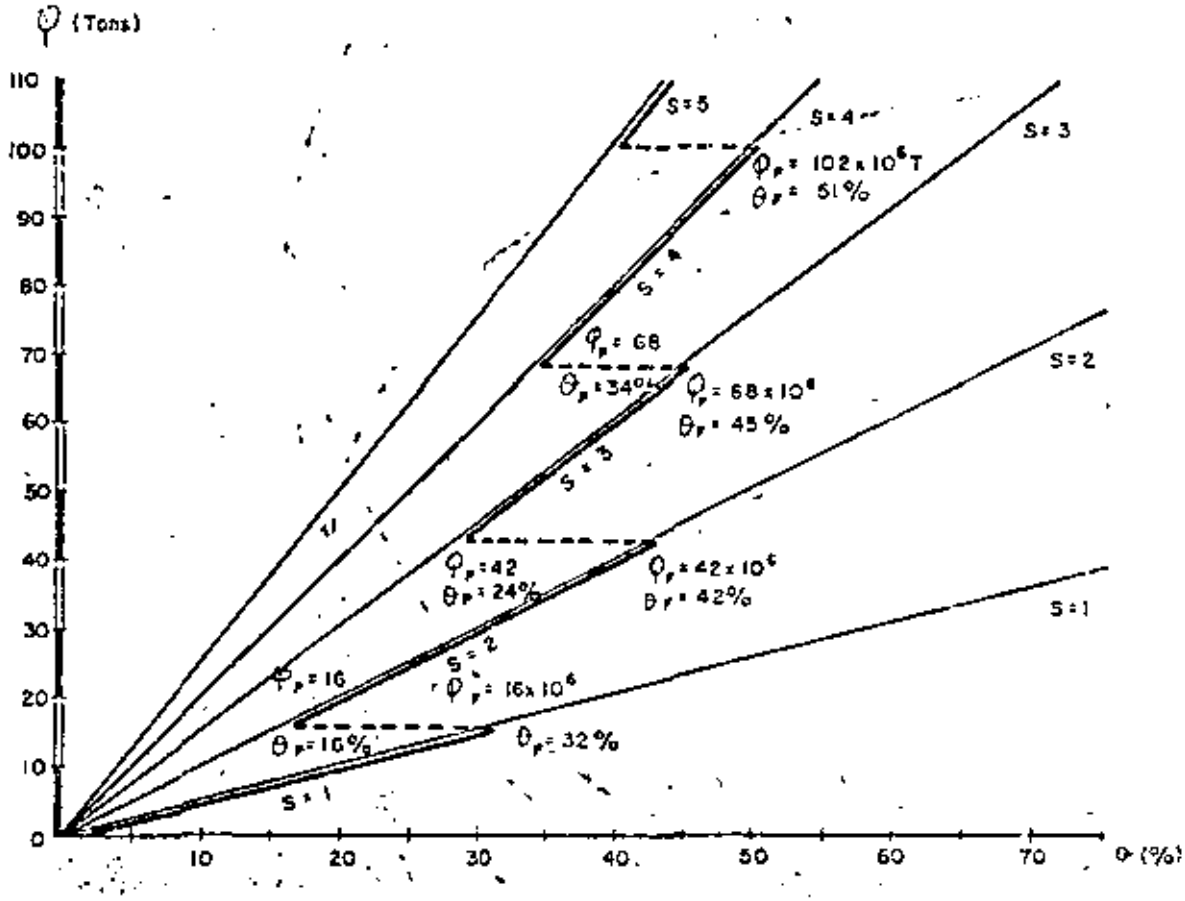
- Conforme aumenta el número de atraques, -de iguales características para igual tráfico- mejora la ocupación y el rendimiento de un puerto, es decir, conforme mayor es el puerto (para un tráfico homogéneo) mejor es su explotación.

- No conviene aumentar grandemente el coeficiente de ocupación de los muelles θ, pues si por cualquier causa se producen alteraciones en la llegada de barcos ó aumento del tiempo de servicio a los barcos, etc., como $\theta = \lambda \cdot T_b \cdot S$ si aumenta Tb (tiempo medio), aumentaría θ, y aumentaría grandemente el coste unitario de la operación.

- Es mejor aumentar un puerto, que construir otro similar independientemente (en el caso, claro está, de que fueran semejantes las condiciones de transportes terrestres, etc.). Es decir, es mejor un puerto de 6 atraques que dos indepen-

S	θZ	5	10	15	20	25	30
1		170,14	95,18	83,56	94,09	123,19	161,56
2		10	20	30	40	50	60
		159,60	75,15	51,92	47,69	53,58	68,76
3		15	30	45	60	75	90
		159,60	73,04	45,60	37,14	36,71	47,67
4		20	40	60	80	100	120
		159,60	70,93	43,48	30,81	26,16	28,69
5		25	50	75	100	125	150
		159,60	70,93	41,37	28,70	24,06	22,36


Cu
S=1
S=2
S=3
S=4
S=5
S=6
Q=16x10⁶ T
Q=42x10⁶ T
Q=68x10⁶ T
Q=102x10⁶ T
Cu=63
Cu=46
Cu=38
Cu=24
1 NUCELLE
2 ATRAQUES
3 ATRAQUES
4 ATRAQUES
5 ATRAQUES
Q(Tm)


φ (Tons)
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
θ (%)
S=5
S=4
S=3
S=2
S=1
φp = 102 x 10⁶ T
θp = 51%
φp = 68
θp = 34%
φp = 68 x 10⁶
θp = 45%
φp = 42
θp = 24%
φp = 42 x 10⁶
θp = 42%
φp = 16
φp = 16 x 10⁶
θp = 16%
θp = 32%

dientes de tres atraques cada uno. Esta es una de las razones que abonan la concentración de grandes unidades de tráfico.

- Debe determinarse cual es el óptimo básico, es decir, que factor debe ser el prioritario en el proyecto, si el mínimo económico, si la calidad de servicio (esperas mínimas), inversiones mínimas, etc.

- Conforme se uniforman las llegadas de los barcos y el tiempo de servicio en muelle(o osea llegadas de Erlang N>1 y tiempo de servicio con Erlang N>1 y a ser posible K=∞), mejora la explotación.
- Finalmente, al estudiar el puerto debe analizarse a fondo el tráfico para separar por unidades los muelles de cada tipo.

  Si se consideran iguales los muelles y luego no son aptos para un tráfico determinado, al disminuir S, empeorará notablemente la explotación y nos expondremos a tener estadías de barco y por tanto costos totales inadmisibles.

3.5.11 Aplicación del método. Ejemplo

Como resumen de lo anteriormente expuesto se acompaña un estudio para un terminal petrolero.

Se trata de una instalación portuaria que sirve a un puerto de trasbordo debiendo disponer de atraques para recepción de crudos y otros para posterior salida y distribución en barcos menores. El estudio ha sido realizado por C. López.

A. Modelo metemático del terminal

En el estudio que sigue se supone el terminal como sistema abierto en régimen permanente, integrado por un centro de espera o zona de fondeo y varios centros de servicio o puestos de atraque, diferenciados en dos tipos "standard": S_E puestos de atraque de entrada S_S puestos de atraque de salida.

Se supone que la distribución de llegadas de barcos sigue una Ley de Poisson y la de servicio una Ley exponencial.

El comportamiento del sistema se refleja en el modelo por medio de unas magnitudes características cuya definición es la siguiente:

- λ = número medio de buques que llegan al terminal por unidad de tiempo.

- μ = número medio de buques servidos por unidad de tiempo y por atraque.

- θ = porcentaje de ocupación por atraque.
- $\bar{W}$ = estadía media.
- $\bar{V}$ = número medio de buques de fondeadero.

El conocimiento de estas magnitudes para cada dimensión posible del terminal, permite determinar los tonelajes óptimos anuales de operación, las ocupaciones óptimas de los atraques y los costes mínimos de pérdidas originadas por estadías e inactividad de las instalaciones.

El proceso de cálculo se sistematiza de la siguiente manera:

1) Determinación de las estadías anuales

$$T_{eb} = \frac{\bar{W}}{\bar{V}} \cdot T \cdot \frac{\theta}{100} S$$

a partir de los ábacos se obtiene para cada S y cada θ un valor de T_{eb}.

2) Determinación de los días de inactividad anuales de los atraques.

$$T_{ea} = T\ S\ (1 - \frac{\theta}{100})$$

3) Determinación de los costes de pérdidas C aplicando a los tiempos anteriores los costes unitarios de estadía y de amortización de atraques.

4) Determinación de los tonelajes operados anualmente.

$$Q = T\ S\ \theta\ R$$

En definitiva se obtienen para cada S, pares de valores C-Q en función de θ, y se pueden definir los tonelajes óptimos económicamente de operación.

B. Atraques de entrada

Las hipótesis que se formula para realizar el dimensionamiento son las siguientes:

- Rendimiento de las instalaciones de transbordo 15.000 T/h.
- Porte medio de los VLCC 300,000 D.W.T.
- Tiempo medio de ocupación de atraques 2 días
- Coste atraque standard 8.000.000 $
- Coste del VLCC de 300,000 D.W.T. 39.000.000 $
- Período de utilización de las instalaciones marítimas 330 días.

Los costes globales anteriores del VLCC de 300.000 D.W.T. y del atraque standard producen los costes diarios siguientes:

V.L.C.C. 300.000 DWT — $ U.S.A.

Coste de construcción.....	39.000.000
Valor residual a deducir (2%)	780.000
Coste anual operacional	1.000.000
Coste diario de combustible en Puerto.	75

Período de amortización 15 años; tasa de interés 7%

- Anualidad de amortización

  Capital a amortizar: 38,220.000.- $

$$\alpha = \frac{38{,}220{,}000 \cdot 0{,}07 \cdot (1+0{,}07)^{15}}{(1+0{,}07)^{15} - 1} = \frac{38{,}220.000 - 0{,}07 \cdot 2{,}76}{1{,}76} =$$

$$= 4{,}200.000$$

- Coste anual: 4,200.000 + 1,000.000 = 5,200.000

- Coste diario: $\frac{5{,}200.000}{300} + 75 = 17{,}400$ $/día

Atraque standard

Coste de construcción ..... 8,000.000 $
Período de amortización: 15 años; tasa de interés 7%

- Anualidad de amortización

$$\alpha = \frac{8{,}000.000 \cdot 0{,}07 \cdot (1+0{,}07)^{15}}{(1+0{,}07)^{15} - 1} = \frac{8{,}000.000 \cdot 0{,}07 \cdot 2{,}76}{1{,}76} =$$

$$= 880.000 \text{ \$}$$

$$= \text{Coste diario: } \frac{880.000}{330} = 2666 \text{ \$/día}$$

C. Atraques de salida

Las hipótesis que se formulan para realizar el dimensionamiento son las siguientes:

- Rendimiento de las instalaciones de transbordo: 6.000 T/M.
- Porte medio de los petroleros: 75.000 D.W.T.
- Tiempo medio de ocupación de atraques: 2 días
- Coste atraque standard: 3.000.000 $

Los costes globales anteriores producen los costes diarios siguientes:

Petrolero 75.000 D.W.T. — $ U.S.A.

Coste de construcción..... 9.000.000

Valor residual a deducir (2%) 180.000
Coste anual operacional 600.000
Coste diario de combustible en Puerto 40

Período de amortización: 15 años; tasa de interés: 7%

- Anualidad de amortización

Capital a amortizar: 8.820.000 $

$$\alpha = \frac{8.820.000 \cdot 0,07 \cdot 2,76}{1,76} = 970.000$$

- Coste anual

970.000 + 600.000 = 1.570.000

- Coste diario

$$\frac{1.570.000}{300} + 40 = 5.280 \text{ \$/día}$$

Atraque standard

Coste de construcción obra civil: 3.000.000 $
Periodo de amortización: 25 años; tasa de interés 10%
- Anualidad de amortización

$$\alpha = \frac{3.000.000 \cdot 0,1 \cdot 1,1^{25}}{1,1^{25}} = \frac{3.000.000 \cdot 0,1 \cdot 11}{11-1} = 330.000 \text{ \$}$$

- Coste diario: $\frac{330.000}{330} = 1.000$ $/día

Capacidad del terminal

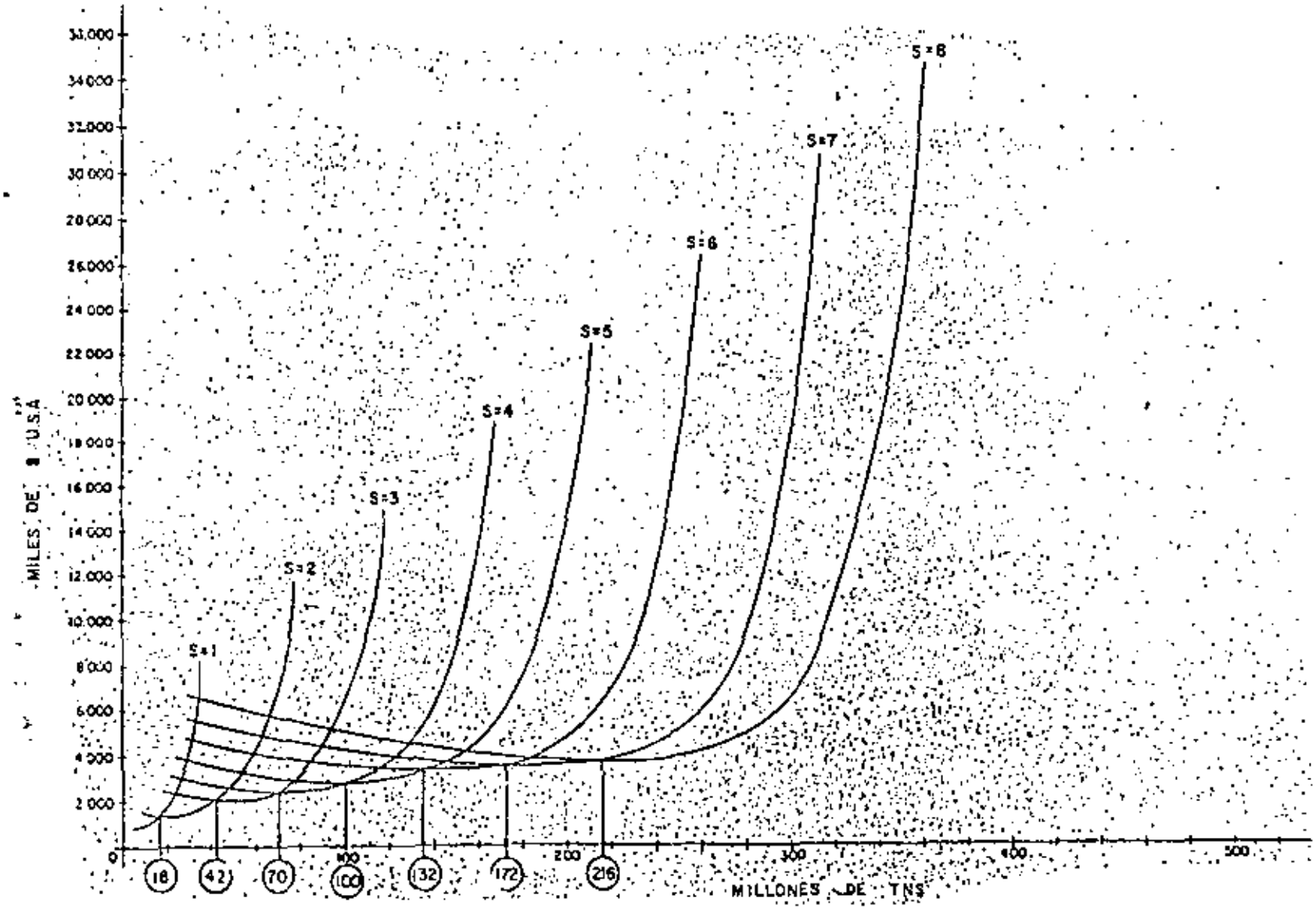
Como resumen del cálculo anterior, se representa en el gráfico el crecimiento del número de atraques del terminal en función del tráfico de productos.

S	θ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Teo	297	264	231	198	165	132	99	66	33	0
	Teb	3	13,8	36	75,6	150	255,6	441	—	—	—
2	Teo	594	528	462	396	330	264	198	132	66	0
	Teb	0	4,8	18	48	102	194,4	378	816	—	—
3	Teo	891	792	693	594	495	396	297	198	99	0
	Teb	0	3,6	10,8	36	81	183,6	390,6	884	2430	—
4	Teo	1188	1056	924	792	660	528	396	264	132	0
	Teb	0	0	7,2	19,2	48	115,2	285,6	672	2268	—
5	Teo	1485	1320	1155	990	825	660	495	330	165	0
	Teb	0	0	0	12	45	90	273	720	2160	—
6	Teo	1782	1584	1386	1188	990	792	594	396	198	0
	Teb	0	0	0	0	36	88,4	226,8	604,8	2106	—
7	Teo	2079	1848	1617	1386	1155	924	693	462	231	0
	Teb	0	0	0	0	21	50,4	147	504	1701	—
8	Teo	2376	2112	1848	1584	1320	1056	792	528	264	0
	Teb	0	0	0	0	14	45	147	498	1693	—
9	Teo	2673	2376	2079	1782	1485	1188	891	594	297	0
	Teb	0	0	0	0	7	40	147	488	1683	—
10	Teo	2970	2640	2310	1980	1650	1320	990	660	330	0
	Teb	0	0	0	0	0	36	147	480	1675	—

S	θ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1.	Q	4,95	9,90	14,85	19,80	24,75	29,70	34,65	39,60	44,55	49,50
	C	842,22	942,36	1.240,84	1.863,79	3.045,90	4.799,15	7935,74	—	—	—
2	Q	9,90	19,80	29,70	39,60	49,50	59,40	69,30	79,20	89,10	99,00
	C	1590,04	1.488,00	1.542,12	1.863,16	2.692,60	4.084,80	7.103,86	14.549,52	—	—
3	Q	14,85	29,70	44,55	59,40	74,25	89,10	103,95	118,80	133,65	148,50
	C	2.370,06	2.159,36	2.031,30	2.206,44	2.728,10	4.248,00	7.586,46	15.560,28	42.242,34	—
4	Q	19,80	39,60	59,40	79,20	99,00	118,80	138,60	158,40	178,20	198,00
	C	3.160,08	2.808,96	2.583,12	2.440,00	2.590,80	3.408,96	6.022,80	12.535,04	23.814,32	—
5	Q	24,75	49,50	74,25	99,00	123,75	148,50	173,25	198,00	222,75	247,50
	C	3.950,10	3.511,20	3.072,30	2.842,20	2.977,50	3.321,60	6.086,90	13.405,20	32.022,90	—
6	Q	29,70	59,40	89,10	118,80	148,50	178,20	207,90	237,60	267,30	297,00
	C	4.740,12	4.213,44	3.686,76	3.160,08	3.259,80	3.810,06	5.526,36	11.576,80	37.171,03	—
7	Q	34,65	69,30	103,95	138,60	173,25	207,90	242,55	277,20	311,85	346,50
	C	5.530,14	4.915,66	4.301,22	3.686,76	3.437,70	3.334,80	4.401,18	9.998,52	30.211,06	—
8	Q	39,60	79,20	118,80	158,40	198,00	237,60	277,20	316,80	356,40	396,00
	C	6.320,16	5.617,92	4.915,68	4.213,44	3.754,90	3.591,06	4.604,52	10.054,86	30.160,44	—
9	Q	44,55	89,10	133,65	178,20	222,75	267,30	311,85	356,40	400,95	445,50
	C	7.110,18	6.320,18	5.530,14	4.740,12	4.077,90	3.854,09	4.927,86	10.071,24	30.109,02	—
10	Q	49,50	99,00	148,50	198,00	247,50	297,00	346,50	396,00	445,50	495,00
	C	7.900,20	7.022,40	6.144,60	5.266,80	4.389,00	4.137,60	5.191,20	10.107,60	30.022,80	—

$Q = T\,S\,\theta \times R = 49{,}5 . S . \theta . 10^6$ Tn.

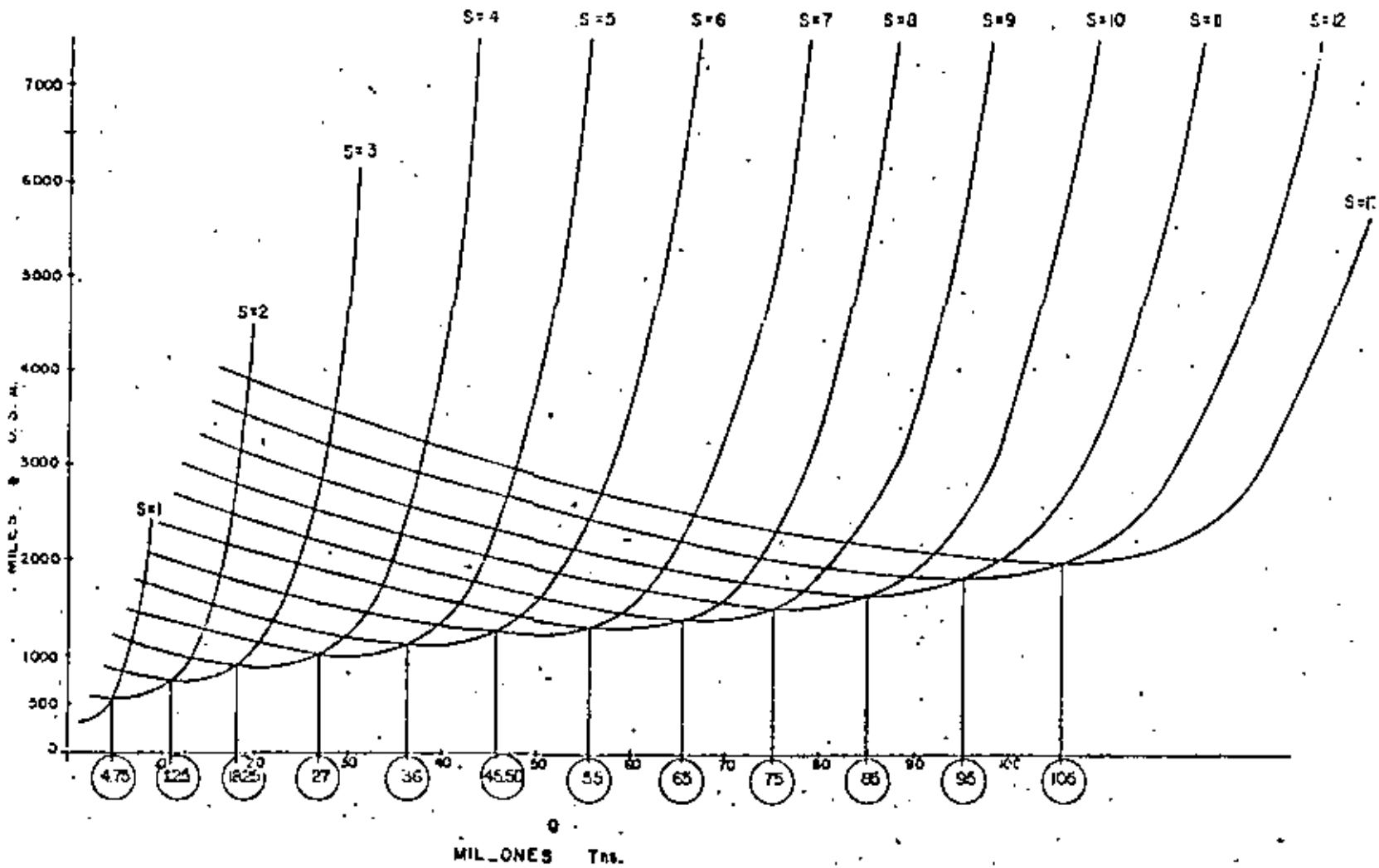
$C = Co\ Teo + Cb\ Tab = (2{,}660\ Teo + 17{,}400\ Tab) \times 10^3$ $

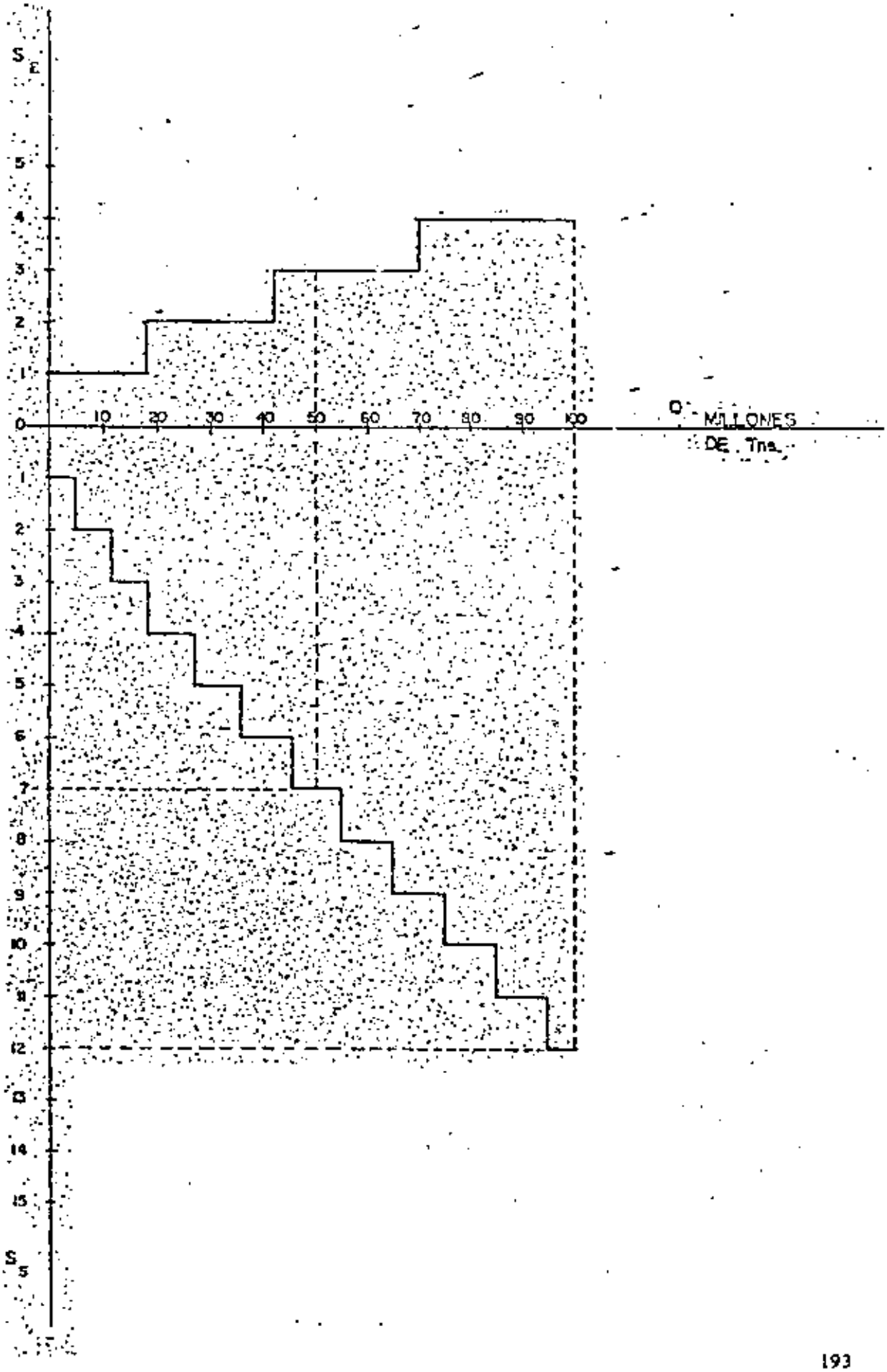

S=1
S=2
S=3
S=4
S=5
S=6
S=7
S=8
MILES DE U.S.A.
MILLONES DE TNS
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000
20000
22000
24000
26000
28000
30000
32000
34000
36000
100
200
300
400
500
18
42
70
100
132
172
216

S	θ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Q	1,24	2,48	3,71	4,95	6,19	7,43	8,66	9,90	11,14	12,38
	C	312,64	336,86	421,08	603,5	957	1481,57	2427,48	—	—	—
2	Q	2,48	4,95	7,42	9,90	12,38	14,86	17,32	19,80	22,28	24,76
	C	594,	553,34	557,04	649,44	808,56	1290,43	2193,84	4440,48	—	—
3	Q	3,72	7,44	11,15	14,85	18,57	22,29	25,98	29,70	33,42	37,14
	C	891	811,01	750,02	764,08	922,68	1365,41	2359,79	4759,92	12929,40	—
4	Q	4,96	9,92	14,64	19,80	24,76	29,72	34,64	39,60	44,56	49,52
	C	1188	1.056	962,02	893,38	913,44	1136,26	1903,97	3812,16	12107,04	—
5	Q	6,20	12,40	18,55	24,75	30,95	37,15	43,30	49,50	55,70	61,90
	C	1485	1.320	1.155	1053,36	1062,6	1135,2	1936,43	4131,6	11569,60	—
6	Q	7,44	14,88	22,26	29,70	37,14	44,58	51,96	59,40	66,84	74,28
	C	1782	1584	1386	1188	1180,08	1248,19	1791,5	3589,34	11517,68	—
7	Q	8,68	17,36	25,97	34,65	43,33	52,01	60,62	69,30	77,98	85,66
	C	2079	1.848	1.617	[illegible]	1765,88	1190,11	1469,16	3123,12	9212,28	—
8	Q	9,92	19,84	29,68	39,60	49,52	59,44	69,28	79,20	89,12	99,04
	C	2376	2.112	1.848	1584	1393,92	1293,6	1568,16	3146,88	9203,04	—
9	Q	11,16	22,32	33,39	44,55	55,71	66,87	77,94	89,10	100,26	111,42
	C	2673	2.376	2.079	1782	1521,96	1399,2	1667,16	3173,64	9193,8	—
10	Q	12,40	24,80	37,10	49,50	61,90	74,30	86,60	99,00	111,40	123,80
	C	2970,	2.640	2.310	1980	1650	1510,08	1766,16	3194,4	9174	—

$Q = T\,S\,\theta \times R = 12{,}375\,.S.\theta.10^{6}$ Tn

$C = Ca' \cdot Tea + Cb' \cdot Teb = (1{,}000\ Tea + 5{,}280\ Teb) \times 10^{3}\ S$


S=1
S=2
S=3
S=4
S=5
S=6
S=7
S=8
S=9
S=10
S=11
S=12
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
500
0
4.75
12.25
18.25
27
36
45.50
55
65
75
85
95
105
Q
MILLONES Tns.


S_E
0
1
2
3
4
5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
MILLONES
DE Tns.
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
S_S

3.6. METODOS DE SIMULACION

3.6.1. El sistema portuario y su análisis

El conjunto del puerto forma un complicadísimo sistema operacional cuya complejidad solo es comparable a la de los sistemas industriales o de transportes más desarrollados e importantes que puedan concebirse.

Este "sistema" está formado por una serie de "subsistemas" dependientes entre sí que se influyen mutuamente de forma que cualquier alteración en el ritmo o método de trabajo de uno de ellos afecta a los demás en sus rendimientos y resultados y por consecuencia en el desarrollo global de la actividad portuaria.

Estos "subsistemas" los integran las diferentes operaciones que deben realizar sucesivamente el barco, la instalación de transbordo y el transporte terrestre para permitir el paso de la mercancía a través del puerto en su camino a lo largo de la cadena del transporte, formando por tanto, como parte de los mismos toda la serie diferenciada de movimientos o fases por las que pasan los usuarios, es decir, prácticos, remolcadores, atraques, operaciones de carga y descarga, almacenamiento, etc.

El buen funcionamiento del puerto exige que todos sus elementos o subsistemas trabajen a un ritmo y rendimiento adecuado y por tanto deben estar dimensionados equilibradamente, pues sabemos sobradamente que la capacidad del puerto será la del elemento de menos potencia y si alguno de ellos falla hará que se pierda capacidad de los restantes elementos con la consiguiente repercusión económica.

Pero la capacidad de cada "subsistema" o fase operativa depende de una multitud de factores cuya actuación se superpone y que es difícil de separar para tratar de conocer donde puede residir la causa del mal funcionamiento o escaso rendimiento. Entre otros factores pueden señalarse por ejemplo los debidos a causas humanas tales como escasez de personal o falta de preparación del mismo; o mal organización de las operaciones; o un equipo insuficiente o anticuado; o un mal dimensionamiento de la instalación en conjunto o en alguna de sus partes, etc. etc.

Sería conveniente por tanto conocer en primer lugar cual es el "subsistema" o elemento que falla en el conjunto y después analizar el causante de la anormalidad para determinar cual es la causa o las causas que pueden originar su fallo y remediarlo.

A veces no se trata de que el conjunto portuario funcione mal, sino que se desea mejorar sus resultados o aumentar su capacidad, etc. y para ello es indispensable conocer qué puntos son sobre los que hay que actuar y qué consecuencias tendrán las mo-

dificaciones propuestas; otras veces la pregunta será sobre la situación futura del puerto al evolucionar el tráfico a lo largo de los años y cuando sería necesario disponer de nuevas instalaciones para hacer frente a la demanda en las condiciones "óptimas" que previamente se determinen.

Pero por la complejidad del puerto se comprende la dificultad de realizar ésto disponiendo únicamente de los métodos empíricos donde cada modificacion de medios, subsistemas o componentes de los mismos, supondría unas largas y pesadas composiciones de situaciones de la actividad portuaria y en total un número tan grande que haría el empeño prácticamente imposible.

Claro está que un especialista portuario puede reducir considerablemente este trabajo, ya que de antemano, con sus conocimientos y experiencias sabe en muchos casos cual es la solución más apropiada para un "subsistema", y por otro lado, varias de las posibles alternativas tienen elementos comunes que pueden dejar de ser tomados en consideración en las comparaciones.

Pero no obstante debe reconocerse que el método empirico es demasiado simplista, y aun podríamos llamar rudimentario y sobre todo puede dar origen a graves errores sobre todo cuando intervienen factores dinámicos o aleatorios.

Tampoco es suficiente el método analítico pues se limita al análisis de partes del puerto consideradas independientemente y no es aplicable prácticamente cuando el número de muelles es mayor de uno o dos y las leyes de llegadas y servicios no son simples.

Por eso, si se pudiera disponer de un medio operativo que permitiera crear una imagen rápida del conjunto y la variación de los diferentes sistemas por variar los factores que influyen en ellos se tendría un arma eficacísima para la planificación y dimensionamiento.

La estructura del puerto formada por una serie de subsistemas operacionales, los métodos de análisis de sistemas y la ayuda de los ordenadores electrónicos permiten desarrollar un método que suministre rapidamente la imagen de la situación del puerto para un tráfico dado y unas instalaciones, métodos de operaciones y condiciones de trabajo previamente señalados. Es decir que teóricamente se puede reproducir el desarrollo de la actividad portuaria para diferentes esquemas y dimensiones de instalaciones, con rendimientos, costos, tiempos, etc., variables a voluntad y en diferentes fechas o sea con evolución del tráfico previsto y comparar los resultados entre ellos, o sea, elementos necesarios y su costo, espera, congestiones o exceso de capacidad, para deducir el más conveniente y lo que es casi más impor-

tante, que resultado se obtiene al variar los elementos de uno de los subsistemas contemplándolo no sólo en el resultado para el subsistema considerado, sino sobre el conjunto del puerto, con lo que en resumen se puede conocer el "óptimo" de acuerdo con las bases de comparación establecidas.

En resumen: Estos métodos se basan en establecer un modelo matemático que represente la actividad portuaria en su conjunto con unas normas de funcionamiento, al que se le suministran una serie de datos y con la ayuda de una computadora ir obteniendo los resultados de las distintas fases y las acciones de unas sobre otras al modificar su estado; el ordenador va realizando la operación desde el principio hasta el fin representando los resultados durante un tiempo determinado; al variar sucesivamente los diferentes datos y factores, se obtendrán los resultados correspondientes para el período de tiempo fijado.

Estas técnicas se llaman de "simulación" y sencillamente en síntesis es la aplicación de la técnica de ordenadores a los métodos empíricos, ya que el modelo previo ha de establecerse de acuerdo con el esquema y los datos diversos han de suministrarse por la experiencia o conocimiento del proyectista.

Lo que supone el cambio "absoluto" es el poder representar miles de variaciones de los diferentes factores que intervienen durante períodos de tiempo largo de simulación en unas pocas horas.

Este método tiene aplicaciones diversas muy importantes para el proyectista y al mismo tiempo presenta limitaciones y errores que pueden ocasionar resultados inaceptables. Es indispensable conocer hasta que punto es útil este sistema, advirtiendo que a pesar de los aspectos negativos que actualmente pueda presentar, es el método del futuro y que gran parte de los errores o limitaciones se superarán con un mayor conocimiento de la realidad y con un perfeccionamiento del modelo. A continuación se exponen los puntos más importantes de este método sin entrar a fondo, ya que en realidad pertenece al campo de la informática; el portuario lo que tiene que hacer es dar los datos básicos para alimentar el modelo, así como corroborar que los resultados de comprobación del modelo se ajustan a la realidad.

3.6.2. El proceso de simulación

El modelo del puerto será la representación del esquema operativo que existe en la realidad; cada actividad o subsistema estará representada por una ecuación y los diferentes factores que intervienen mediante variables.

Por la complejidad del puerto sería prácticamente imposible crear un modelo donde interviniesen todos los factores que pueden tomar parte en las operaciones por lo que debe acudirse a simplificaciones eliminando aquellos aspectos menos importantes y concentrarse en los aspectos fundamentales, dejando para programas más reducidos los problemas de detalle que pueden afectar a una parte concreta de la actividad portuaria. El proceso a seguir para realizar la simulación del puerto puede esquematizarse como sigue:

a) Definición del problema

b) Datos básicos del tráfico

c) Elaboración del modelo

d) Elaboración del programa del ordenador

e) Comprobación de la validez del modelo y ejecución de la similar

f) Información de salida

El proceso de simulación es muy complicado y sometido a errores por lo que es básico que sea comprobado rigurosamente, aunque una vez ajustados sus resultados su aplicación es automática sin necesidad de nuevos ajustes o comprobaciones.

a) Definición del problema

En primer lugar hay que determinar las condiciones existentes y los objetivos que se desean obtener, asi como la posible existencia de determinantes especiales en las operaciones (por ejemplo disminución de estadias, limitaciones de inversiones, posibilidad de modificación o no de normativas, etc.) y en resumen plantear el motivo y fin de la simulación.

b) Datos básicos del tráfico

Es uno de los puntos fundamentales del proceso: por facilidad y simplificación se separa del programa básico formando programas "satélites". Hay que disponer de datos actuales, previsiones y en consecuencia el posible tráfico en los diferentes períodos.

Los programas satélites o "subprogramas" empleados en el programas de la UNCTAD son los siguientes:

b_1) Programa de acumulación de datos: Son los datos relativos a las frecuencias y tipos de buques y cargas del trafico actual clasificándolos de acuerdo con sus posibles variaciones; confecciona los llamados FRELIS o listado de llegadas de barcos con sus caracteristicas y circunstancias.

b_2) Programa de previsiones: Tiene como misión el tener en cuenta las variaciones que el futuro introducirá en los FRELIS, tanto debido a la evolución del trafico como a los cambios tecnologicos, etc.

b_3) Programa de generación de tráfico: Proporciona o genera la estructura del tráfico que debe ser simulada, mediante un muestreo aleatorio de los FRELIS en las condiciones actuales o en las fururas. Será la información del tráfico de entrada que se le suministra al ordenador para que realice la simulación de acuerdo con el modelo base.

c) Elaboración del modelo o esquema de funcionamiento

Aunque la misión de los puertos es identica en todos, sin embargo cada uno tiene unas caracteristicas propias que las diferencian en cierto grado entre sí.

El modelo de simulación representará las operaciones basicas y las diferentes variables que pueden intervenir y habrá que aplicarlo a las características y condiciones especificas de cada puerto. Por ejemplo, habrá puertos con una larga ria y barra y zonas de fondeadero y otros donde la entrada del mar a muelle es directa; puertos donde se necesitan remolcadores y otros no; etc.; en los casos más sencillos el subsistema consiguiente no existirá produciéndose directamente el paso de una fase a la siguiente.

El esquema del puerto puede dividirse en las siguientes secciones operacionales:

1) Llegada al antepuerto
2) Toma de práctico
3) Toma de remolcadores
4) Puntos de amarre o fondeo
5) Muelles o atracaderos
6) Instalación de trasbordo
   - 6_1) Operaciones de descarga
   - 6_2) Transporte a almacén o carga a vehiculo
   - 6_3) Almacenamiento
7) Carga a vehículo
8) Salida vehículo terrestre

Se prescinde de que existan exclusas, aparcamientos de vehículos terrestres, etc. para simplificar el ejemplo.

Puede suceder que no sean necesarios los remolcadores (3), que no exista el fondeadero (4) entrando directamente en muelle, y que la operación en tierra se reduzca desde el punto (6) a una simple operación de entrega contínua como sucede con los petroleros.

En estos casos el esquema operacional se reduciría al siguiente:

1) Llegada al antepuerto
2) Toma de práctico
3) Atraque a muelle y dejar practico
4) Operación de descarga
5) Toma de práctico y de atraque
6) Abandono de práctico y salida del antepuerto

En cualquier caso podrían distinguirse los circuitos del barco, de los prácticos, remolcadores, mercancía, vehículos terrestres, etc.

En cada subsistema se pueden producir demoras y alteraciones en el ritmo del trabajo debido a que la siguiente fase o actividad no tenga elementos disponibles (por ejemplo no haya prácticos disponibles, ó atraques, o almacenes para la mercancía, etc.), debiendo permanecer en espera el barco ó el vehículo terrestre por no poder descargar su mercancía.

El modelo se basará en el proceso operativo que se desarrolla sobre el esquema general del puerto; es decir se dibuja el esquema diferenciando las secciones del puerto y los subsistemas o elementos que intervienen.

Posteriormente hay que definir las normas de realización de las operaciones, señalando las características y cantidad de los equipos o instalaciones, limitaciones que puedan existir en su utilización, condiciones especiales, prioridades, etc. tanto referente al buque como a la carga. También se incluyen todo lo referente a rendimientos, capacidades, etc.

d) Programa del ordenador

Pueden ser diversos, según sea el tipo elegido, ordenador, lenguaje, etc. Se comenta brevísimamente el ya citado de la UNCTAD.

Fundamentalmente consiste en un programa principal que determine el orden de las actividades y dentro de estas los procedimientos que tratan los problemas específicos y suministran información para la simulación.

El programa lee y asimila en su memoria los datos del generador de tráfico y los valores de los parámetros asignados al modelo; al mismo tiempo se establece un eje de tiempos.

El funcionamiento es el siguiente:

- Procedimiento Piltugall que asigna prácticos y remolcadores cada vez que son necesarios en la simulación.
- Procedimiento Nounites que determina el número de unidades de carga y descarga que están disponibles cuando son requeridas.
- Actividad Ship "Acciona" los buques a través del puerto y dirige el proceso de carga y descarga.

  Para realizar ésto tiene a su disposición los siguientes procedimientos:

- Procedimientos Pilotleaves y Tugleaves que realizan las operaciones relativas al abandono de los buques por los prácticos y remolcadores.
- Procedimiento Berthtime que calcula los tiempos de carga y descarga.
- Procedimiento Caltim que acumula los tiempos de estancia en el puerto de cargas y buques de diferentes tipos para cada una de las estaciones del año.
- Procedimiento Test que investiga otras posibilidades de carga y descarga si la elegida en primera instancia resulta imposible.
- Procedimiento Berdat que controla los atracaderos.
- Procedimiento Sort que coloca los buques en cola durante las esperas, y les da salida según las prioridades y el orden de llegada.
- Actividad Shift controla los tiempos y equipos disponibles en cada "turno".
- Actividad Season tienen en cuenta las variaciones estacionales para la inclusión en el programa en el momento oportuno.
- Actividad High tiene en cuenta variaciones en mareas y alturas de calado de las diversas secciones del puerto.

  En el trabajo de la UNCTAD aparece con todo detalle el procedimiento seguido.

e) Comprobación del resultado

Es fundamental para determinar la bondad del sistema y el programa está preparado para determinar si la simulación debe continuar o no; la prueba consiste en verificar si las dife-

rentes simulaciones presentan una convergencia suficiente, que se admite cuando la diferencia del valor acumulado de los tiempos empleados por los buques entre dos años sucesivos con el mismo programa de tráfico es menor que una cifra dada.

Hay que eliminar las condiciones iniciales de la simulación, para evitar que puedan influir en los resultados finales, cuando aun no está en trabajo normal todo el sistema; para lograrlo se para la simulación al cabo de un cierto tiempo y se comienza de nuevo suponiendo que las condiciones iniciales del sistema son las que tenía en el instante de parar.

f) Información de salida

El programa da una información de una serie de puntos que interesan para la decisión y se refieren a datos sobre el tiempo empleado por los diferentes buques en las instalaciones portuarias tanto en lo referente a tiempo de espera como a tiempo de operación, y lo mismo respecto a la carga dando tiempos de almacenamiento y de carga, etc.

3.6.3. Campos de aplicación

Prácticamente toda la actividad portuaria puede ser tratada mediante un proceso de simulación y de hecho existen numerosos programas referentes tanto al desarrollo de las operaciones portuarias propiamente dichas, como al funcionamiento del equipo portuario, de los equipos laborales, remolcadores, utillajes, etc.

3.6.3.1. Utilización del método

En lo que se refiere al desarrollo portuario, el proceso de simulación puede utilizarse en los siguientes objetivos:

a) Juicio de las actuaciones anteriores. Consiste en volver a representar lo que ocurrió en el puerto en un período anterior (p.e. un año) donde se conocen los datos de entrada, rendimientos, pérdidas por diversas causas, etc. y los resultados de esperas, utilizaciones, costos, etc.

Si el modelo se estabiliza, se le suministran los datos de entrada y se varían los "subsistemas" (p.e. número de prácticos o remolcadores, longitud de atraques, equipos laborales, etc.) obteniendo fácilmente los resultados y por tanto se podrá juzgar la bondad de la organización que se utiliza o la conveniencia de introducir modificaciones.

Este tipo de simulación será cada vez más útil para los portuarios aunque solo se refieren al pasado; hay que tener cuidado con las extrapolaciones al tratar de aplicar los resultados a otra situación de tráfico diferente.

b) Capacidad del puerto. Al ir creciendo el tráfico, e incluso - ir variando de características, el método de simulación nos - puede aclarar hasta cuando podran valer las instalaciones actuales sin producirse una congestión, o sea, que capacidad admisible tiene el puerto y que modificaciones operacionales o de organización habría que introducir en cada momento para disminuir los costos sin necesidad de grandes inversiones.

c) Evolución del tráfico. Es el aspecto más importante de la aplicación de la simulación ya que permite ir encontrando el "optimo" económico en cada momento de acuerdo con el tráfico previsto y las posibilidades.

El método dará en cada momento los atraques y equipos necesarios, así como estadias, costos operacionales y en resumen costos totales para cada alternativa al ir modificando las variables de los elementos.

d) Análisis de los subsistemas. Se emplea en el análisis del funcionamiento de cada instalación o subsistema por separado, dándole los datos de entrada y viendo los resultados de cada modificación. Hay que tener en cuenta sin embargo que en estos casos los resultados de buscar un "óptimo" parcial puede ser que vayan en contra de la operación conjunta: por ejemplo al analizar el trabajo de los prácticos, el aumentar el número, auqnue aumente el tiempo de estar ociosos puede ser beneficioso para el conjunto si disminuyen las estadias del barco que es lo más importante.

3.6.3.2. Limitaciones

Este método lleva muy poco tiempo en utilización y las limitaciones o errores que pueda tener se deben precisamente a que todavía no ha alcanzado su total desarrollo, por lo que no hay duda que conforme se vayan analizando por los expertos los diferentes aspectos de la vida portuaria y encontrando los modelos apropiados asi como definiendo los datos que deben utilizarse, el método irá perfeccionándose y ganando en exactitud y claridad.

Las principales limitaciones o puntos que pueden ocasionar errores son:

a) Datos estadisticos. Los datos de entrada se suministran al ordenador de acuerdo con las leyes de entrada y servicio del puerto; si las estadisticas estan equivocadas o no son lo suficientemente aproximadas pueden introducirse graves errores al adoptar una ley que después no se cumple en la realidad.

Otras veces lo que sucede es que ni siquiera existen estadísticas fiables de dirección de operaciones, pérdidas de tiem--

pos por varias causas, equipos utilizados, etc. por lo que será muy difícil establecer un modelo que sea concordante con la realidad.

b) Previsiones del tráfico. En la simulación dinámica hay que establecer la evolución del tráfico con el tiempo a base de suponer que el volumen del tráfico (medios de transporte y mercancías) varía aumentando con los años. Si las bases de cálculo de estas previsiones no son apropiadas los datos resultantes no serán ciertos y por tanto la información que se suministre al puerto será errónea y los resultados también.

c) Cambios tecnológicos. El contínuo avance de la tecnología de los barcos, tanto en lo que se refiere a sus posibilidades de maniobra, como de dispositivos de operaciones, dimensiones y capacidades, unido al perfeccionamiento y aumento de rendimiento de los equipos de manipulación en el puerto y los correspondientes del transporte terrestre, hace que al cabo de un tiempo las previsiones no sirvan, pues ni el número de unidades de barco (disminuirán proporcionalmente al aumentar el tamaño), ni las pérdidas por dificultades de navegación (serán menores por el mejor equipo de dirección), ni el tiempo en muelle (aumentará la capacidad y rendimiento y disminuirá el tiempo en operación), etc. será similar al que supondría el nuevo tráfico de mercancías con igual tecnología en los medios de transportes y puertos.

Es indispensable tener en cuenta estos aspectos cuando se establezcan las normas para el generador de tráfico o sucederá igualmente que en el apartado anterior.

d) Costos de obras, instalaciones y equipos. Es otro de los factores que pueden ocasionar errores. La optimización basada en un costo mínimo de barcos, instalaciones operacionales y transportes terrestres puede resultar errónea si la base no es cierta. Muchas veces, el costo de las instalaciones y equipos portuarios no responde a la realidad debido a una política tarifaria. Debe operarse a base de costos reales o de lo contrario nos expondremos a sacar conclusiones diferentes conforme varían los criterios de valoración.

Lo mismo podría decirse de la variación de los precios de los barcos con el tiempo, que al aumentar mucho más rápidamente que los de las obras e instalaciones, hará que el resultado económico sea diferente (pues valdrá más la unidad de tiempo de estadía perdida por el barco que la de la instalación portuaria y esto significa más atraques).

e) Complejidad del sistema del transporte. La posibilidad que un cambio en las condiciones de la red de transportes terrestres altere las condiciones de trabajo del puerto es evidente, por lo que para que el modelo sirva en años sucesivos debe tener-

en cuenta en las previsiones de tráfico. Lo mismo podría decirse de las consecuencia derivadas de una competencia portuaria o de una política de coordinación de transporte.

f) Finalmente, podríamos hablar de las simplificaciones que es necesario introducir en el modelo derivadas de la casuística del tráfico portuario y de la normativa de explotación de los terminales.

En cualquier caso, es fundamental que no se enmascare todo lo que pueda constituir una alteración de las condiciones reales de trabajo para poder juzgar la bondad de la solución elegida y hasta que punto se pueden aceptar los resultados.

En la mayoría de las veces, las simplificaciones introducidas no tienen mayor importancia y en cambio facilitan la claridad y sencillez de la operación.

3.6.4. Aplicaciones del método

Por las características del método, las técnicas a emplear y los medios necesarios no es posible incluir un ejemplo ni tampoco adecuado por el carácter del curso, aparte de que es una técnica ajena al portuario siendo para él una herramienta. -importantísima y de toda eficacia- que debe ayudarle incorporando el equipo especialista idóneo, limitándose a dar las hormas y valores a los que debe sujetarse el modelo.

Solamente a título informativo, se comenta algunos de los aspectos que entran en un programa de simulación de la actividad del puerto.

Como ejemplo completo y claro se recomienda el estudio del programa elaborado por la UNCTAD aplicado a varios puertos tratando también el problema de la optimización.

Los puntos más interesantes de un programa de simulación son los siguientes:

A) Definición del problema

Se establece el esquema general del puerto a analizar; se examinan todas las condiciones y características de las obras e instalaciones existentes así como los métodos de operaciones.

Un aspecto interesante es el de las normas especiales que al tráfico pueden imponerse (obligación de remolques, prácticos; paro en turnos festivos o nocturnos; número de obreros; prioridades de cualquier tipo, etc.).

B) Datos a suministrar al modelo

b_1) Acumulación de datos

Se suelen establecer una serie de clases para representar

las características del tráfico y pasarlas a las cintas del ordenador.

Los más usuales son:

- Tipo de buques :	Según el tráfico que sirven (regular, carga mixta, pasajeros, etc.).
- Tamaño del buque :	Por series de 0/1.000 TRB, 1.000/2.000, etc. según el puerto.
- Tipos de carga :	Se clasifican en varios grupos: No especializada, especializada, etc.
- Volumen de la carga :	En varias series, por ejemplo: 0 Tons.,1/100,,100/500, etc. varía con el puerto.
- Datos de la carga :	Relación de la carga al volumen total; parte del total a ser manipulada, etc.
- Tipo del muelle :	Para carga general, especializada, etc.
- Tipo de equipo :	Grúas, carretillas, etc.
- Tipo de almacén :	Al aire libre, refrigerado, cubierto, sin almacen, etc.
- Tipo de trasnporte - interior:	Carretera, ferrocarril, etc.
- Secciones portuarias :	Subsistemas o elementos que forman el puerto.
- Estructura estacionaria de la carga:	Variación según las estaciones.

Estos datos se suministran por la FRELIS al programa de previsiones.

b_2) Programa de previsiones

Con las combinaciones de tráfico posibles, y con la introducción de unas previsiones futuras, dará un listado similar al del FRELIS pero teniendo en cuenta las variaciones que pueden introducirse por las influencias de todo tipo a lo largo del tiempo.

b_3) Generación del tráfico

En los listados del apartado anterior y teniendo en cuenta todos los factores que pueden introducir variación en las características del barco y carga que transporte ley de entrada, prioridades, características de la carga, volumen y fracción, tiempo de permanencia en atraque, calado y tamaño del barco, necesidad de prácticos y remolcadores- se elabora un

programa de generador de tráfico que va impreso en cinta magnética, donde al dar información de la llegada del buque, da todas las características y datos sobre el mismo, programado de acuerdo con las matrices de entrada y eligiéndose con leyes aleatorias o determinadas.

En el programa de tráfico los datos que figuran son todo lo detallado que se quiera y entre otros están:

- Nº del buque en orden cronológico
- Hora de llegada expresada en unidades de tiempo desde el principio de
- Fracción de carga a granel en importación y exportación.
- Cantidad de carga
- Calado del buque
- Atracadero necesario
- Prioridad del buque
- Tipo de la carga
- Tipo del buque
- Nº de prácticos
- Nº de remolcadores
  etc, etc., etc.,

La cinta va suministrando estos datos al programa de simulación conforme informa de la llegada del nuevo barco.

C) El programa de simulación y los resultados

Los datos anteriores entran en el programa preparado, y de acuerdo con las actividades y procedimiento, se van calculando las necesidades del tráfico, las disponibilidades de elementos, el tiempo necesario en la operación y en espera, los equipos necesarios, etc. de acuerdo además con las prioridades y limitaciones que se impusieron al modelo.

El resultado aparece en forma de una hoja de ordenador a lo largo de un eje de tiempos; en la hoja de resultado lo que interesa realmente es lo que afecta a la actividad de los medios de transporte y equipos, por lo que solo aparecen a veces los datos requeridos.

Unas veces se puede seguir la historia del barco en puerto a lo largo del tiempo con todos los equipos y medios que ha necesitado y otras se hace lo mismo con un cargamento.

Para el conjunto, el modelo de simulación da una información integrada de los diferentes aspectos tales como:

- Buques entrados en el período con sus arqueos
- Tiempos totales de servicio y espera
- Tiempos medios y relación $\frac{Teb}{Ta}$
- Nº de barcos en cola
- Utilización de muelles
- Tonelajes de mercancías
- Ocupación de muelles, etc. etc.,

En el croquis adjunto se reproduce el ejemplo sacado de la publicación de UNCTAD sobre un barco en escala en el puerto de Casablanca.

Se trata del barco nº 249 de la simulación del puerto (aparecen todas las operaciones de todos los barcos, por unidades de tiempo y de ella se seleccionan las correspondientes al barco elegido).

Los datos básicos sobre este barco que suministra el programa de generador de tráfico son:

Buque nº 249

Hora de llegada : 3853,7

Nº de operaciones: 1 (carga mixta)

Nº de Tons. a la descarga : 0

Nº de Tons. a la carga : 50

Calado del barco : 7 mts.

Longitud del atracadero : 160 mts.

Orden de prioridad : 3 (según la clave)

En la columna de Claves, aparecen los diferentes tipos de sucesos a lo largo de la estancia del barco según el lenguaje del programa:

ARRI = Entrada del barco en el sistema

FIN = Salida del barco del sistema

SEIL = El buque se desplaza de una sección a otra

BERE = Buque en fondeadero, preparado para atracadero

BERL = Buque abandona atracadero

Ejemplo de datos de salida de comprobación obtenidos por el programa de simulación

Clave del suceso	*Número del buque*	*Hora en que se inicia el suceso*	*Sección en que se produce el suceso*	*Hora en que se inicia el suceso siguiente*	*Información complementaria*
ARRI . . .	249	3.853,7			
TUGQ . .	249	3.853,7			
COND . .	249	3.881,0			
SEIL. . . .	249	3.900,0	1	3.900,0	
TUGQ . .	249	3.900,0	2		
SEIL. . . .	249	3.915,0	2	3.917,0	
SEIL. . . .	249	3.917,0	3	3.919,0	
BERE . . .	249	3.919,0	4	3.931,0	
LEBE . . .	249	3.931,0	4		
LOAD . . .	249	3.931,0	4		26,246-50.1
					29.402 3
					7.808,6
TUAY . . .	249	3.957,2	4		
BERL . . .	249	3.965,7	4	3.974,7	
SEIL. . . .	249	3.974,7	4	3.976,7	
SEIL. . . .	249	3.976,7	3	3.978,7	
SEIL. . . .	249	3.978,7	2	3.978,7	
FIN	249	3.978,7			0 50

LOAD = Comienza operaciones de carga

TUCQ = Espera de remolcador entrada

COND = Espera de apertura de acceso al puerto (si se cerrase durante algunas horas).

LEBE = Buque en atracadero dispuesto a la carga

TUAY = Espera de remolcador salida

Etc. etc. = Las diferentes operaciones que puedan realizarse.

En la fila de cabeza, el significado es el siguiente:

Clave:	Suceso u operación que realiza el barco
Nº del buque:	Orden de entrada en la simulación
Hora en que se inicia el suceso:	Se refiere al instante de llegada referida al comienzo de la simulación.
Sección en que se produce el suceso:	Indica la parte del puerto donde se realiza la operación: Antepuerto, Canal de entrada, dársena, etc.
Hora en que se inicia el siguiente suceso:	Es correlativo a la hora de inicio, e indica el tiempo que tarda en operación o en espera.
Información complementaria:	Los datos complementarios de las operaciones realizadas; en este caso 26.246 indica las unidades de tiempo hasta el suceso siguiente., 50 las toneladas a cargar,, 1 el tipo de carga (según las claves del programa),, 29.402 la capacidad de almacenamiento de este tipo de carga y el tipo de almacén,, 7808,6 es la cantidad de carga del mismo tipo que queda en almacén. En cuanto al final, el 0 indica las toneladas descargadas y el 50 las toneladas cargadas.

De la hoja impresa anual se pueden seleccionar los datos deseados y deducir los resultados que se quieran analizar para su posible modificación.

D) El programa de optimización

Es similar al anterior aunque más complicado, siendo necesario aplicar una serie de parámetros relacionados con los costos del tiempo de equipos, instalaciones, barcos, mano de obras, etc.

Se comparan una serie de soluciones para cada uno de los "subsistemas" con los costos de inversión, mantenimiento y funcionamiento, llegando en resumen a una serie de soluciones compuestas cada una de las posibles políticas en cada elemento o subsistema a lo largo del tiempo conforme con las necesidades de evolución del tráfico.

En el citado informe de la UNCTAD puede estudiarse el camino seguido y los resultados en el caso de Casablanca.

CAPITULO CUARTO: EL ESTUDIO DE LA SOLUCION Y SU DESARROLLO Y ANALISIS.

1. Introducción. 2. Bases de Estudio. 3. Condiciones Existentes. 4. Estudio de la solución y su elección. 5. Análisis y juicio de la solución elegida. 6. Redacción del Plan General.

4.1. INTRODUCCION

Determinado el esquema general del puerto y las necesidades de las diferentes actividades es necesario comparar las diferentes soluciones posibles y elegir la más adecuada.

El problema se centra en adaptar los diferentes esquemas y distribución de zonas a las condiciones naturales existentes.

Salvo en algunos casos especiales, generalmente pueden dibujarse varias distribuciones que cumplan más o menos los supuestos básicos, y aunque algunas sean más o menos parecidas entre sí, presentarán diferencias, tanto en lo que se refiere a sus dimensiones, como a sus características, repercusión sobre las operaciones portuarias y usuarios, costos de construcción, etc. además de las interferencias de los aspectos colaterales -urbanos, turísticos, etc.- que muchas veces son los más importantes.

La decisión final habrá que basarla en una serie de consideraciones más o menos objetivas y otras más o menos subjetivas que habrá que valorar de forma particular en cada caso, sin que sea posible fijar ningún criterio de tipo general o universal, sino que cada puerto constituye un elemento independiente al que se debe juzgar por separado.

Elegida la solución que se estima más adecuada, es necesario analizarla, ya que se ve difícil que las condiciones existentes permitan el adoptar una solución ideal que responda a todas las exigencias, sino que habrá habido que modificar para poder emplazarla y debe juzgarse si el esquema resultante es válido y que resultados daría supuesta construída.

Si dicha solución es válida, puede procederse a la redacción del plan general donde deben determinarse no sólo las obras e instalaciones, sino también la distribución y organización de las zonas y servicios, las fases de ejecución y sus costos, así como los gastos de explotación y conservación e ingresos mínimos que hay que prever para hacer frente a la explotación y financiación de las instalaciones portuarias.

4.2. Bases de estudio

La misión del puerto es el tráfico, y por tanto, de su volumen y características dependen toda la actuación posterior.

Para manipular dicho tráfico, existirán unos métodos y sistemas de operaciones que serán más adecuados y que determinarán las características y dimensiones de instalaciones y servicios para atender a las necesidades que exige dicho tráfico.

Conocidas dichas necesidades podemos proceder a su encaje en el emplazamiento elegido de acuerdo con las condiciones y factores existentes.

La primera labor debe ser la determinación del tráfico, los métodos de operación y las necesidades portuarias.

4.2.1. El Tráfico

4.2.1.1. El tráfico actual

Dentro del concepto de tráfico se engloba tanto la mercancía como los medios de transporte que frecuentan el puerto, y aunque van íntimamente relacionados entre sí, deben estudiarse por separado.

A) Mercancías y pasajeros

La operación fundamental portuaria es el paso de la mercancía, transbordándola de un sistema de transporte a otro, pudiendo ser realizado este transbordo, bien directamente, bien depositándolas previamente en almacenes.

Debe conocerse como se presenta dicha mercancía, forma de embalaje, y las características y peculiaridades de los cargamentos, es decir, origen y destino, homogeneidad de cargas, frecuencia, etc.

De acuerdo con esto, las estadísticas deben referirse a los siguientes puntos:

a_1) Formas de transporte: Mercancías generales; graneles sólidos o líquidos; transportes combinados; cargas unitizadas, etc.

Dentro de cada clasificación, en las mercancías generales si son sueltas o en bultos, fardos, containers, etc.; en los graneles sólidos, si son ligeros, pulverulentos o minerales y en los líquidos si son ordinarios o petróleos crudos y refinados; en pesca, si es congelada, fresca, salada, etc.

a_2) Cargamentos: Deben consignarse si se trata de tráficos de exportación o importación, transbordo de barco a barco, cabotaje, local, etc.; si son cargamentos completos o parciales, homogéneos o hetereogéneos y si son mercancías similares o no. Avituallamientos, etc.

a_3) Frecuencias: Es muy interesante conocer si se trata de un tráfico contínuo o estacional, desviaciones y puntas máximas anuales, mensuales y diarias.

a_4) Almacenamientos: Datos referentes a la forma de transbordar la mercancía y si se hace directamente entre vehículos y barco o pasa a través de depósitos ó almacenes y tiempo de permanencia; esta cuestión es muy importante para conocer las necesidades de espacios y volúmenes de almacenamiento, servicios, etc. Tiempos de estancia.

a_5) Pasajeros: Las estadísticas deben informar sobre tipo de tráfico (extranjero, nacional, local, etc.); si es con origen y destino al puerto o se trata de simple tránsito; si se efectúa en barcos específicos o se realiza en barcos, mixtos, etc.

a_6) Clase de instalación: Se refiere a la utilización de muelles comerciales de tipo general o a la de instalaciones especiales (cargaderos, tomas de graneles líquidos, etc.)

Todas las estadísticas deben referirse al mayor número de años posible para poder deducir con la mayor certeza la tendencia o evolución del tráfico y al mismo tiempo es conveniente señalar los factores especiales que pudieron influir en un momento dado.

B) Los medios de transporte

Proyectadas gran parte de las instalaciones portuarias para el servicio del medio de transporte, y además marcando estos las características del puerto, se impone la necesidad del conocimiento más detallado posible del movimiento desarrollado.

En las estadísticas deben separarse, como es natural, el medio marítimo del terrestre.

B_1 Barcos

Los datos deben clasificarse de acuerdo con las características principales de los navíos.

b_1) Por tipo de barcos: Distinguir el tráfico que sirve: pasajeros, cargueros generales y mixtos, petroleros, graneles secos y líquidos, containers, pesqueros, guerra, etc. dando en ellos el número de cada grupo y T.R.B. En buques de guerra, petroleros y mineraleros debe darse el T.P.M.

Máximas dimensiones y características especiales (aparejos, etc.).

b_2) Por navegación: Indicar en cada caso que clase de navegación realiza: cabotaje, altura, gran altura; si es nacional o extranjera y procedencia y destinos.

b_3) Por banderas: Indicar número y tonelaje de los barcos según las naciones de abanderamiento.

b_4) Por cargamentos y operaciones: Características de la operación realizada: cargamento completo o parcial; relación entre carga y descarga; índice de operación $\frac{TM}{TRB}$.

b_5) Por tiempos de operaciones: Tiempo medio de estancia de los barcos en puerto. Tiempo de carga y tiempos de operaciones de atraque y desatraque, y demoras o retrasos sufridos atracados.

Tiempos de espera.

B_2) Medios terrestres

Se refieren a los correspondientes al transporte hacia el interior del país, es decir:

- Ferrocarril
- Carretera
- Oleoducto
- Canal
- Transbordos
- Otros medios.

Las divisiones corresponden a los diferentes medios que pueden utilizarse tanto para la importación como para la exportación; los transbordos pueden ser de barco a barco directamente o entre barco y tierra, pero sin utilizar posteriormente el medio de transporte terrestre.

En las estadísticas deben figurar exportación e importación; ritmo mensual y diario y puntas extremas; número de vehículos utilizados tanto a la carga como a la descarga y número de los que están en parque esperando realizar operaciones.

Asimismo deben especificarse si las operaciones son directas, es decir, entre barco y vehículo terrestre directamente o si se realiza a través de los depósitos.

C) Las instalaciones portuarias

Estas estadísticas revelan el grado de utilización de las diferentes zonas e instalaciones portuarias y dan en conjunto una visión de la actividad portuaria y de la suficiencia de las instalaciones existentes o la necesidad de aumentarlas.

Se pueden dividir en tres grupos principales:

- a) Areas marítimas y líneas de atraque
- b) Instalaciones y servicios terrestres
- c) Utillaje y medios mecánicos

C_1) Areas marítimas y líneas de atraque

Comprenden las referentes a las instalaciones utilizadas por los barcos, tanto en operaciones como cuando están inactivos:

Los más importantes son:

- Utilización de áreas de flotación en número de barcos/día/mes y puntas máximas.
- Utilización en TRB/Ha/año.
- Utilización en número de barcos/muelle, id. fondeaderos.
- Utilización en TRB/m.l. muelle.
- Utilización en esloras/m.l./muelle.
- Porcentaje de utilización de los muelles.

Todos estos datos deben darse para el conjunto de los barcos en relación con los conjuntos de las instalaciones, y después para cada dársena y muelle por separado.

C_2) Instalaciones y servicios terrestres

Se incluyen tanto los que se refieren a la operación portuaria de transbordo como a los de almacenamiento y evacuación.

Entre otros deben figurar como más importantes los siguientes:

- Rendimientos en Tm/m.l. muelles por cada muelle y mercancía.
- Tm/m2/año en almacenes cubiertos y descubiertos.
- m2/día de almacenaje por cada tipo de almacén y producto.
- carretera
- ferrocarril
- % utilización instalaciones, anual y mensual.

C_3) Utillajes y medios mecánicos

Se refiere a los utillajes pesados que no están afectos a una instalación especial y a los equipos auxiliares y complementarios.

De una manera especial interesa lo referente a los medios mecánicos pesados, tales como grúas pórticos, grúas flotantes, remolcadores, etc.

Los datos más significativos son:

- Nº de grúas por características y potencias
- M.l. muelle/grúa (Por muelles)
- Nº horas anuales por grúa
- Tm/grúa y horas efectivas en carga y descarga y evaluación o llegada de mercancía y con gancho, cuchara o caldero.
- Idem. pero en grúas móviles
- Nº de horas y Tm. totales en grúas flotantes
- Horas de carretillas, transportadoras y elevadores
- Idem. de cintas, palas, etc.
- Nº de horas de locomotoras
- Nº de vagones movidos y Tm.
- Nº de camiones
- Nº de servicios y de remolcadores
- Nº de servicios de diques secos y varaderos, etc.

D) Equipos laborales

Comprenden las relativas a los equipos de hombre que trabajan en las diferentes actividades portuarias. Realmente deberían incluirse todas las que realizan cualquier tipo de trabajo, pero en este epígrafe suelen limitarse a los que reali--

zan las operaciones propiamente portuarias, es decir, al servicio de la carga y descarga o almacenamiento y al de los medios de transporte marítimo y terrestre. También suelen diferenciarse los equipos que están adscritos a los utillajes e instalaciones y servicios varios, de los que intervienen normalmente en la operación.

Los principales datos son:

d_1) Instalaciones y Servicios

- Clasificación de servicios
- Puestos de trabajo
- Características y especialización
- Jornadas y salarios. (Tipos, extras y pluses y totales anuales por hombre y total del puerto).
- Servicios prestados. (Nº y tipo de los mismos).

d_2) En operaciones

- Clasificación y características
- Especialización
- Jornadas y salarios
- Trabajos realizados. Rendimiento por equipos y tipos de operaciones.

d_3) Varios

- Días de paro y causas
- Accidentes
- Incidentes

E) Aspectos varios

Se refieren al resto de actividades que se desarrollan en la zona portuaria, más o menos ligados directamente a la operación. Son muy variados y sus datos se integran o no indistintamente en las estadísticas portuarias.

Los más interesantes entre ellos son:

e_1) Servicios públicos portuarios

Sólo nos referimos a estadísticas sin entrar en este momento en el análisis de las condiciones de explotación.

- Organización general del puerto. Forma de dirigirse. Organismos y jurisdicciones.

- Organismos oficiales
- Actividades públicas varias
- Secciones varias de tipo general
- Otras informaciones

e_2) Servicios privados

- Organizaciones marítimas y comerciales privadas
- Servicios privados prestados
- Suministros. Tipo y capacidad
- Actividades privadas
- Etc.

e_3) Servicios y actividades complementarias

- Industrias instaladas en la zona
- Actividades comerciales
- Actividades mercantiles
- Actividades varias
- Zonas industriales
- Etc.

F) Datos económicos y financieros

Aunque este aspecto debe tratarse más extensamente al analizar las condiciones actualmente existentes, refiriéndonos solamente a los casos que se estudie un puerto ya construído, en las estadísticas portuarias debe incluirse todo lo referente a la actividad económica y administrativa del puerto.

Los datos más importantes son:

f_1) Actividades económicas

- Presupuesto de ingresos
- Presupuesto de gastos
- Presupuesto de movimiento de fondos
- Presupuesto de inversiones
- Inventarios y Valor del Puerto
- Amortizaciones

f_2) Actividades administrativas

- Autorización y concesiones

- Resoluciones administrativas
- Tarifas
- Inventario y valoraciones
- Plantillas
- Asuntos varios
- Juntas y reuniones
- Etc.

4.2.1.2. La evolución futura

El estudio del tráfico pasado tiene la finalidad fundamental -aparte de las estadísticas sobre actividades realizadas- de ayudar a estimar la posible evolución en el futuro, así como estudiar las circunstancias en que se han realizado las operaciones y sus ventajas e inconvenientes, para modificar los sistemas en lo que sea necesario.

En este punto se va a tratar sobre las formas de evaluación de las posibles variaciones del tráfico; como todos los estudios de este tipo pueden basarse en consideraciones que siempre tienen una parte subjetiva del proyectista, y por tanto, pueden variar según sea el que las realiza. Pero en cualquier caso, las previsiones que se hagan deben estar apoyadas en bases seguras y que tengan la mayor probabilidad de certeza.

A) Formas de estudio

Pueden usarse diferentes métodos, según sean las circunstancias, y en algunos casos es conveniente confrontar los resultados de métodos diferentes si existen dudas sobre los resultados.

Hay que advertir que es diferente el caso de que se trate la planificación futura de un puerto existente, -donde se disponen estadísticas sobre la evolución del tráfico y una serie de datos sobre correlación de este con diferentes aspectos de la vida cuya evolución puede determinarse con más exactitud y en base a ellos calcular el futuro tráfico- o se trate de un puerto nuevo donde el primer problema es el de determinar la zona de influencia del puerto.

También es diferente el caso de que se estudie la evolución del conjunto del puerto en una planificación total o se trate solamente de un tráfico determinado cuyo volumen viene afectado solamente por unos pocos factores fáciles de determinar.

Las formas más usadas son:

a_1) Por estadísticas. Se determina una curva de crecimiento a base de métodos estadísticos de interpolación y extrapolación (como el de Glover), debiendo tener un mínimo de datos para poder utilizar una curva que sea expresión de la evolución y evitar errores.

a_2) Por correlación de renta y tráfico. Puede aceptarse en ciertos casos que el crecimiento global de un puerto evolucione de acuerdo con la renta de la zona de influencia del puerto. Para tráficos específicos no es aplicable este método, salvo en algunos casos.

a_3) Zona de influencia. Se trata de determinar la zona de influencia o hinterland del puerto y dentro de ella las producciones y consumos y futuro desarrollo, y de acuerdo con su evolución calcular la del tráfico portuario. En general suele ser el método más exacto.

a_4) Correlación de tráficos. Algunos tráficos están ligados entre sí, de forma que su evolución es prácticamente paralela, (p.e. el suministro de combustible y abastecimiento a los barcos con el T.R.B. de estos; y a su vez el T.R.B. ó T.P.M. con el tráfico de mercancías, etc.). En estos casos, si se puede determinar con cierta exactitud uno de los tráficos, puede calcularse la evolución de los otros.

B) Factores de corrección

Cualquiera que sea el método utilizado y los resultados obtenidos, es indispensable el observar si existen ciertas circunstancias que pueden afectar en el futuro al tráfico y modificar las previsiones que se deducirían de la simple aceptación de las curvas.

Entre otros hay que considerar los siguientes:

b_1) Rutas marítimas. En los puertos de "bunkering" y transbordo, la posibilidad de desviación del tráfico puede ser un factor de primera magnitud (p.e. la posibilidad de desvío de los grandes petroleros de la ruta de Suez, etc.).

b_2) Factores técnicos. La creación de industrias básicas que absorban las materias primas transformándolas sustituyendo el transporte de grandes masas de graneles por cantidades menores de mercancías de tipo vario. El transporte a granel de productos que actualmente se transportan envasados ó ensacados, etc.

b_3) Factores comerciales y económicos. La actuación del Estado u Organismos creando o acumulando tráficos (p.e. las

importaciones masivas de primeras materias por el Estado señalando puertos de desembarco, etc.)

b_4) Nuevas fuentes de tráfico. El establecimiento de una industria que antes no existía originando de manera brusca un aumento de tráfico pero que en lo sucesivo se mantendrá estable; o la elección de base de una flota pesquera que puede suponer el aumento de las capturas con variaciones porcentuales en el año de llegada muy grandes pero que en lo sucesivo se estabilizará, o todo lo más, aumentará en el tanto por ciento de crecimiento normal del puerto.

b_5) Situación de demandas. El aumento de las necesidades de la población que crece más rápidamente en los pueblos en desarrollo, pero conforme aumenta su nivel llega en ciertos tráficos a igualarse con el aumento de la población.

Todos estos factores y otros muchos que podrían citarse actúan de forma que obligan a aumentar, mantener o disminuir las curvas de crecimiento y no aceptar simplemente la variación de estadísticas.

Un error muy común se da al tomar para curva de crecimiento de un tráfico en un puerto la que resulta de la demanda de un producto para toda la nación; para el conjunto de los puertos, coincide prácticamente, pero es falso el suponer que va a cumplirse en cada uno de ellos; como ejemplo tenemos el de tráfico de petróleos: puede suponerse que se dobla en un corto número de años en el conjunto de la nación, pero no será igualmente cierto que se doble el tráfico en cada una de las refinerías sino que se crearán otras nuevas con lo que las previsiones de tráfico particulares serían erróneas.

c) Resultados adoptados

Conocidos los datos de tráfico y las circunstancias y condiciones existentes en cada puerto así como los factores de corrección que pueden intervenir, hay que fijar las cifras finales.

Como fácilmente puede comprenderse, hay mucha parte que depende de la estimación personal del proyectista, de su experiencia, y aún de factores extremos ajenos a su trabajo pero que pueden presionar en su ánimo inclinándole en una u otra dirección.

En cualquier caso estimamos fundamentales los siguientes principios:

c_1) Ser muy conservadores al fijar las cifras de tráfico -- probable sobre todo cuando sirvan de base para el cálculo de tarifas, financiación, etc.

c_2) Ajustar las cifras de tráfico entre sí de forma que no exista disparidad entre los que tienen interdependencia (p.e. petróleo y petroleros, etc.).

c_3) Realizar las previsiones a corto, medio y largo plazo (p.e. a 5, 10 y 25 años), de forma que al planificar el puerto en etapas puedan ir rectificándose las cifras adoptadas amoldándolas a la realidad.

Las cifras que se adopten deben referirse a tráficos diferenciados y específicos: general, pesca, graneles, sólidos y minerales, etc., de forma que sea posible agruparlos y planificar el puerto separando los tráficos en zonas propias, pero con el menor número posible de forma que el uso de las instalaciones pueda efectuarse por la mayor cantidad de usuarios indistintamente.

4.2.2. Las necesidades portuarias

El siguiente paso en el estudio del puerto, es el de la determinación de las necesidades de los usuarios.

Llamamos necesidades portuarias al conjunto de superficies de agua y tierra, línea de muelles, instalaciones de ---- transbordo y almacenamiento, etc. que prestan servicio a la actividad portuaria de cualquier clase, aunque en general nos referimos de manera más concreta a las obras e instalaciones, ya que lo referente a mano de obra, organizaciones, etc. deben encuadrar dentro del estudio general de la explotación y operaciones, apartado distinto, aunque influyendo decisivamente en la planificación del puerto.

Las necesidades portuarias dependen fundamentalmente de dos factores:

- a) Tráfico a mover (Volumen y características).
- b) Capacidad unitaria de cada instalación

El primer apartado se deduce de los estudios anteriores. El segundo depende a su vez de una serie de factores y entre ellos podemos señalar:

- b_1) Características de la mercancía y los usuarios
- b_2) Condiciones y características de la instalación
- b_3) Fluctuaciones del tráfico
- b_4) Circunstancias comerciales, etc.

En cualquier caso, no hay duda que interesa que la operación sea económica, rápida y segura, condiciones que a veces son contrapuestas entre sí, y también debe tenerse en cuenta que al tratarse de una verdadera cadena de transporte -aunque la capacidad de almacenamiento del puerto permita cierta regularización- debe planificarse el conjunto de la instalación con igual capacidad, pues de lo contrario se formaría el tantas veces citado y temido "cuello de botella".

Lo que hace el proyectista, es fijar de acuerdo con la experiencia de casos semejantes unas cifras de rendimientos aceptables, y en función de ellos determinar las necesidades totales para el tráfico previsto de las diferentes zonas e instalaciones así como las características que deben tener para el servicio a que se destinan.

4.2.2.1. Ordenación y distribución del puerto

Dadas las diferencias absolutas que pueden existir entre los usuarios de los diferentes tráficos (p.e. entre las de un puerto pesquero y un terminal petrolero) y por tanto las de las características de los medios de transporte y medios de manipulación que los atienden, la primer cuestión que se presenta es la de clasificar y agrupar los usuarios por características similares.

Por otra parte, debemos recordar una vez más que el principio fundamental de la planificación de puertos es el de separación de tráficos, evitando interferencias que en resumen causan perjuicios al resultado de la actividad portuaria.

A) Atendiendo a la actividad portuaria deben distinguirse si es posible- los siguientes grupos:

- a) Pasajeros
- b) Comercial general
- c) Tráficos de containers y especiales
- d) Graneles sólidos ordinarios
- e) Graneles sólidos pesados
- f) Graneles líquidos (petróleos)
- g) Graneles líquidos ordinarios
- h) Pesca
- i) Abastecimiento
- k) Recreo
- l) Construcción, reparación y desguace
- m) Militar
- n) Fondeo
- Etc.

B) En segundo lugar están las características de las distintas fases de las operaciones.

- a) Medio marítimo
- b) Operaciones de transbordo y almacenamiento
- c) Medio terrestre y terrenos complementarios

distinguiéndose tres zonas en el puerto completamente diferenciadas:

- a) Superficies de agua
- b) Muelles y zonas de operaciones
- c) Superficies terrestres

Aunque cada tráfico debe tener su zona e instalaciones propias hay ciertas obras o servicios que son comunes y sirven a todos: diques de abrigo, canales de acceso, accesos terrestres, alumbrado, zonas generales, etc., debiendo por tanto diferenciar en el puerto las siguientes partes:

- a) Obras y servicios generales (marítimas y terrestres)
- b) Obras y servicios específicos (de cada zona o instalación).

C) Finalmente, y debido a que en el puerto deben existir actividades que no son propiamente portuarias, pero en cambio, es indispensable estén situadas cerca de él, o se trata de actividades que le son necesarias aunque sean complementarias, como teléfonos, radio, restaurantes, oficinas, etc. pueden diferenciarse las siguientes zonas:

- a) Zonas de actividad portuaria (marítimas y terrestres)
- b) Zonas complementarias varias (marítimas y terrestres)
- c) Zonas industriales (terrestres)

4.2.2.2. Características y necesidades de los usuarios

Independientemente del volumen del tráfico y de la capacidad de los medios que existan en el puerto, hay que tener presente que los usuarios tienen unas exigencias propias que deben cumplir las instalaciones que se proyecten.

Entre otras podemos citar:

a) Pasajeros. Exigencias respecto a su comodidad. Trámites fronterizos; equipajes. Necesidades de transporte en tierra, acompañantes, etc.

b) Mercancías. Características especiales tales como tratarse de productos perecederos o frágiles. Depósitos por formalidades aduaneras. Peligrosidad de combustibles, etc., debiendo estar alejados de otras actividades.

c) Barcos. Necesidades de abrigo; calado; ruta de entrada, giro, distancia de parada, maniobra, etc.

d) Vehículos terrestres. Características de las vías de rodadura aparcamientos, etc.

e) Varios. Equipos humanos y sus atenciones. Operaciones mercantiles y comunicaciones, etc.

Es conveniente en ciertos casos señalar las características especiales que deben tener las instalaciones pues de lo contrario podrían ser un fracaso. Por ejemplo, si solamente se dan toneladas de un tráfico y no se señalan características del barco, podría proyectarse un puerto con longitud de muelles suficiente pero sin calados apropiados y en consecuencia no poder utilizarse los muelles. Lo mismo podría decirse respecto a los accesos terrestres, o a los canales de acceso, etc.

4.2.2.1. Indices y Rendimientos de las Obras e Instalaciones

Los rendimientos que pueden alcanzarse con una instalación específica donde se conocen de antemano el programa de operaciones o puede fijarse una programación de movimientos, es sencilla y puede resolverse por aplicación de la teoría de colas u otros esquemas más o menos ajustados.

Pero en las instalaciones dedicadas a tráficos heterogéneos generales es prácticamente imposible hacer una programación de operaciones, y sólo puede calcularse estadísticamente las ocupaciones de instalaciones y de acuerdo con las características del tráfico y la capacidad de las instalaciones fijar los posibles rendimientos de las diferentes zonas portuarias.

Como base a una primera planificación, se emplean los "índices portuarios" que son los rendimientos tipos de las diferentes instalaciones de acuerdo con la experiencia de los diversos puertos en condiciones análogas.

Con estos índices se pueden cifrar las necesidades de elementos portuarios de las diversas zonas.

El dimensionamiento de cada zona debe hacerse considerándola como unidad y con el conjunto de las zonas y de los elementos generales comunes a todas definir las instalaciones portuarias.

Podemos considerar, que el mejor servicio de los índices

portuarios está en que permite el juicio de un puerto y su funcionamiento.

Entre ellos, los más interesantes y representativos son:

A) Indices generales

Se refieren al conjunto del puerto y revelan sus características fundamentales:

a_1) $Ig = \frac{TM}{TRB}$

Indice total del puerto, clasifica los puertos en escala, mixtos o de carga según sea $< 0,30$, entre 0,30 y 0,80 ó $> 0,80$.

a_2) $Ieq = \frac{Tme}{Tmi}$

Indice de equilibrio que refleja la carga compensada del puerto entre exportación e importación.

a_3) $Iem = \frac{Tmt}{Tm}$

Indice de evacuación refleja la parte del tráfico que utiliza cada medio de transporte.

a_4) $Ia = \frac{Tma}{Tmt}$

Indice de almacenamiento que se refiere al tonelaje que necesita almacenaje a su paso por el puerto.

a_5) $Ic = \frac{E}{Nº B}$ $I_{TRB} = \frac{TRB}{Nº B}$

son los índices de eslora y de toneladas, representan el barco medio tipo en esloras y en tonelajes.

B) Indices de instalaciones

Se refieren a las relaciones que deben mantener las instalaciones entre sí, de acuerdo con las características del puerto y del tráfico.

b_1) $Is = \frac{Sa}{St}$

Indice de superficie se refiere a la proporción que debe existir entre las superficies totales de tierra y agua en un puerto. Está en relación directa con el Indice total del puerto y aproximadamente es 2 - 1 - 1/2 según se trate de puerto de escala, mixtos - carga.

b_2) $Im = \frac{Lm}{Sa}$

Índice de muelles, indica la longitud de muelles por Ha de agua y varía en función del tipo de puerto y características del tráfico. Oscila entre 50 y 200.

b_3) $It = \frac{St}{Lm}$

Índice de terraplenes, se refiere a la anchura de terraplen por m.l. de muelle. Oscila entre 20 y 150 en función del tipo de tráfico y forma de operación.

b_4) $I_c = \frac{Lc}{Lm}$; $I_f = \frac{Lf}{Lm}$

Índice de vías de servicio, se refiere a la longitud de ferrocarril o carretera en relación con la longitud de muelles. Suele ser 2,5/3,5 el primero y 10/15 el segundo.

c) Indices de explotación

Se refieren a los rendimientos medios de las diferentes zonas e instalaciones.

c_1) De superficie

$c1_1$) De las superficies de agua

$$I_{sa} = \frac{TRB}{Ha/año}$$

Índice de ocupación de agua, indica el rendimiento en TRB por año y Ha. Para el conjunto del puerto varía de 300.000 a 65.000 y llega a 30.000 en pequeños puertos pesqueros. Por dársenas especializadas puede llegar a 500.000 en las de abastecimiento y bajar a 10.000 en las de pequeños puertos pesqueros.

$c1_2$) De las superficies terrestres y almacenes

$$I_{st} = \frac{Tm}{Ha/año}$$

Índice de ocupación terrestre, señala el tonelaje que puede moverse por hectárea. Se adopta de 7 a 12 Tm/m2/año en almacenes ordinarios, y 15 Tm/m2/año para terraplenes, y unas 60.000 Tm/Ha/año para el conjunto del puerto. En puertos o instalaciones especializados debe estudiarse por separado del resto del puerto, dependiente de la rapidez de embarque, tipo de instalación y densidad del producto, etc.

c_{1_3}) $I_{sc} = \frac{Tm}{St}$

Índice de ocupación de superficies complementarias, indica la superficie media necesaria para estas actividades. Puede fijarse en 0,5 m2Tm/año.

c_{1_4}) $If = \frac{Tmf}{Lf}$; $I_c = \frac{Tme}{Lc}$

Índices de rendimientos de ff.cc. o carreteras, varían según los puertos.

c_2) De los muelles y atraques

Es muy variable, según sean los productos y aún las instalaciones.

c_{2_1}) Rendimientos

Imgd = Índice mercancía general diversa; oscila de de 600/700 T/m.l./a. En muelles especializados llega a 1.000/1.500 T/m.l./a.

Imgso= Granel sólido ordinario 1.250 T/m.l./a.

Imgse= Granel sólido especializado

Cereales. Hasta 1.000.000 T/a/atraque ó 5.000 T/m.l./año.

Minerales. De 500.000/2.000.000 T/a/atraque

Ipt = Petróleos. Varía según el tipo pudiendo aceptarse:

Crudo Refinería = 2 a 5 millones toneladas/año/atraque.

Refinados = 1 a 2 millones toneladas/año/atraque

Muelles ordinarios 3.000 a 5.000/T/m.l./a.

Imc = Containers. Puede llegar a cifras 2 a 3.000 T/m.l./año.

Im. pesca = Pesca. Varía mucho según los puertos y sus características.

Puede oscilar de las 150 T/m.l./a. en puertos de congeladores a 10/T/m.l./a. en pequeños puertos.

c_{2_2}) Ocupaciones

En algunas actividades portuarias, más que los rendimien

tos es preferible hablar de ocupaciones de muelles (p.e. en los de pasajeros, abastecimiento, escala o turismo, etc.).

El índice es:

$$I_o = \frac{1,25\ E \times (T + t)}{L \times 365} \simeq 0,5$$ se llama índice de ocupación

siendo E = eslora del barco, L = longitud del muelle, T = tiempo de estancia del barco, t = tiempo de reserva de atraque. A partir de cifras mayores de 0,5 se considera el puerto empieza a estar congestionado aunque algunos autores indican se puede llegar a 0,6 en muelles petroleros y 0,8 carga general en muelles con varios atraques.

Con los datos anteriores y los tráficos esperados, pueden deducirse las características y exigencias mínimas de las instalaciones pudiendo juzgarse el estado del puerto o del proyecto propuesto.

Hay que insistir que estos índices son sólo indicativos debiendo utilizarse como ayuda en la planificación, pero cada caso debe estudiarse como un problema particular y después de fijadas las características y dimensiones generales del puerto, deberán reajustarse y concretarse, aunque siempre dentro de estos criterios generales.

4.3. Condiciones existentes

Cualquiera que sea la solución que se adopte, vendrá condicionada decisivamente por las condiciones naturales del emplazamiento, las de tipo humano, social, industrial, etc. del área, y finalmente las de las obras e instalaciones existentes si se trata de la ampliación de un puerto en funcionamiento.

Se pueden diferenciar por tanto dos casos: que exista un puerto que debe planificarse para el futuro, o que se trate de proyectar uno completamamente nuevo. El segundo caso es más sencillo para el proyectista, puesto que no está forzado a soluciones determinadas, pero en general es mucho más frecuente el primer caso, por lo que se estudia ente en el que hay que tener presente lo existente, que en muchos casos es uno de los determinantes básicos en el momento de elegir la solución, la planificación de un puerto nuevo es una simplificación del caso del puerto existente.

4.3.1. Condiciones físicas y naturales

Se refiere a las condiciones derivadas de la situación del puerto, del medio ambiente, de la geología del terreno, etc.

4.3.1.1. Condiciones geográficas naturales

Independientemente de las que se refieren a la situación del puerto frente a las rutas de navegación, centros productores de material primas, mercados, etc., deben analizarse las condiciones del emplazamiento; su abrigo natural, calados existentes, posibilidad de aterramientos, facilidad de accesos, etc. Igualmente deben analizarse la zona terrestre disponible y las posibilidades de ampliación. En general debe adquirirse cuanta información se refiera a la ubicación del puerto en relación con las características naturales.

4.3.1.2. Condiciones físicas, naúticas y metereológicas

La información y estudio de cuantos datos se refieren a estos puntos es básica, puesto que gran parte de las obras generales que se proyecten vienen determinadas por la necesidad de mejorar las condiciones naturales existentes.

Los datos principales a estudiar son:

a) Metereológicas

a_1) Sol y niebla. Número de días y horas de sol; frecuencia de nieblas; intensidades, etc.

a_2) Lluvia. Número de días; intensidades.

a_3) Temperatura y humedad. Máximas y mínimas a lo largo del año y medias.

a_4) Hielos y nieves. Posibilidad de hielos permanentes u ocasionales. Heladas.

a_5) Vientos. Dirección. Intensidad. Frecuencia. Permanencia, etc. Dominantes y reinantes.

b) Náuticas

b_1) Temporales. Frecuencia, intensidades, alturas de ola, dirección y propagación, rompientes, etc.

b_2) Calados. Plano batimétrico

b_3) Mareas y corrientes. Curva de mareas; amplitud, características. Corrientes, intensidades, direcciones.

b_4) Otras causas. Ciclones, resacas, ondas solitarias, etc. Abrigo contra temporales, etc.

c) Físicas

c_1) Cimentaciones y fondos. Información geológica sobre la zona terrestre y fondos marítimos; características de cimientos, dragas, etc. Naturaleza de los fondos para fondeaderos, etc.

c_2) Canteras. Posibilidad de canteras y características de las mismas.

c_3) Aterramientos y erosiones. Posibilidad de aterramientos. Ciclo e intensidad de los mismos. Estabilidad de la costa.,

c_4) Características de la zona terrestre. Topografía, drenajes, corrientes y ríos, etc.

4.3.2. Condiciones humanas, sociales y económicas

Se refieren a las existentes en la región, tanto bajo el punto de vista de población y sus recursos, como en relación con los aspectos de turismo, sociales, urbanos, etc.

4.3.2.1. Condiciones humanas y sociales

a) Población. Núcleo de población existentes; disponibilidad de mano de obra especializada; suministros; agua, luz, etc.; alojamientos.

b) Servicios. Talleres y fábricas existentes; empresas constructoras; materiales y equipos; maquinarias especializadas, etc.

c) Medio social. Existencia de lugares turísticos que deben ser respetados; urbanizaciones; lugares turísticos, etc.

d) Varios. Existencia de servicios o fábricas que deben ser respetados; aspectos militares, fortificaciones, etc.

4.3.2.2. Condiciones económicas

a) Comerciales. Existencia de empresas u organizaciones especializadas en la operación portuaria; idem. en transportes que puedan prestar u organizar los servicios.

b) Financieras. Capacidad económica de la zona y posibilidad de financiación de las obras e instalaciones con los recursos propios.

Instituciones de crédito, bancos, etc.

c) Portuarias. Existencia de empresas navieras, pesqueras, etc. que produzcan o atraigan tráfico.

Espíritu de iniciativa comercial, capaz de crear nuevas corrientes de tráfico, etc.

Existencia de equipos laborales adecuados suficientes para atender el ritto de trabajo.

4.3.3. Condiciones técnicas de las instalaciones y servicios existentes

En los puertos ya existentes, es fundamental el estudio

de lo que existe ya que debe aprovecharse al máximo lo disponible antes de hacer nuevas inversiones.

Este análisis debe hacerse en dos vertientes: en relación con las obras e instalaciones y respecto a los métodos de explotación y sus resultados.

4.3.3.1. Obras e instalaciones

a) Datos generales. Disposición del puerto; superficies de agua y tierra y líneas de atraque; obras complementarias; índices generales y análisis del conjunto del puerto.

b) Obras generales. Obras de abrigo: tipos y características; canales de accesos, fondeaderos y dársenas; calados y dimensiones de las zonas y vías marítimas.

Accesos terrestres, características y disponibilidades. Obras varias: Esclusas, atracaderos, etc.

c) Instalaciones específicas. Muelles de atraque; instalaciones especiales; dársenas especializadas -pesca, turismo, recreo, etc.- calados, dimensiones y características.

Instalaciones complementarias marítimas y terrestres.

Almacenes y superficies; instalaciones al servicio de la actividad portuaria, etc.

d) Utillajes. Utillajes fijos; instalaciones especiales; utillaje móvil; equipo marítimo al servicio del barco o de la operación.

e) Servicios. Redes de agua, luz, alumbrado, comunicaciones, etc.

Vías de acceso y aparcamiento.

Equipos y servicios de incendios, limpieza, etc.

Instalaciones de sanidad, etc.

f) Oficinas. Oficinas públicas, oficinas particulares de las actividades portuarias.

4.3.3.2. Explotación y Operación

a) Organización de los servicios. Diferenciación de los tráficos; distribución de los servicios -oficiales y particulares- Servicios existentes. Actividades controladas o libres.

b) Métodos de operación. Tráficos especializados u ordinarios. Métodos de operación en cada uno. Desarrollo de la operación.

Ventajas y defectos. Tiempos y efectos en el conjunto de la actividad.

c) Gastos. De las operaciones -generales, específicas y laborales.

Gastos propios de los transportes en el puerto. Gastos totales de la operación.

4.3.3.3. Administración y financiación

a) Valoraciones. Bienes existentes y su clasificación. Criterios de valoración. Valor actual y vida probable.

b) Gastos generales. Valor anual de establecimiento de obras e instalaciones; valor de conservación; gastos generales de explotación y funcionamiento.

c) Necesidades financieras. Deudas y compromisos existentes; cargas anuales por todos conceptos. Presupuesto anual.

d) Tarifas. Tarifas generales de la autoridad portuaria. Tarifas específicas de operaciones o servicios y de los equipos laborales.

4.3.4. Capacidad actual y posibilidades

Si un puerto está bien organizado y la operación portuaria se desarrolla de acuerdo con los métodos más apropiados, se obtendrán unos rendimientos óptimos, lo que se traducirá en un aprovechamiento al máximo de sus posibilidades dentro de las características de economía, rapidez y seguridad que deben presidir las actividades.

Por esto, debe considerarse que si los puertos no están aprovechados como deben, con una simple mejora de los métodos de explotación puede conseguirse el aumento de capacidad necesaria sin recurrir a obras que siempre serán costosas. Lo mismo puede decirse en orden a los gastos finales de la operación portuaria, que pueden reducirse mejorando la organización de las actividades.

Para este estudio, deben analizarse los "índices portuarios" de obras y operaciones, así como los métodos usados.

4.3.4.1. Resultados obtenidos

a) De las instalaciones. Relaciones fundamentales tierra-marmuelles. Características de dársenas. Indices de terraplenes, almacenes y depósitos; líneas de comunicación.

b) Del tráfico. Característica general del puerto; rendimientos de dársenas, muelles y terraplenes. Rendimientos de los vehículos de transporte.

c) De la explotación. Tiempos. Personal y equipos empleados. Rendimientos. Salarios. Pérdidas de jornadas. Causa.

Gastos de las operaciones del conjunto. Estadías y demoras.

4.3.4.2. Mejora de la capacidad portuaria teórica

De acuerdo con el resultado de los análisis efectuados podrán realizarse una serie de modificaciones en la distribución de las zonas de servicio, instalaciones, métodos de trabajo, etc. que aumenten el rendimiento y teóricamente se puede llegar a alcanzar el nivel de rendimiento aceptable para instalaciones modernas.

El mayor inconveniente que suele presentarse es el de que muchas veces las obras e instalaciones no son adecuadas a las características de los medios de transporte o de los métodos de operaciones, (p.e. calado insuficiente para los barcos que contínuamente van creciendo; falta de espacio para almacenaje o parques de estacionamiento de vehículos, etc.). En este caso la solución ha de consistir forzosamente en tratar de reordenar el puerto y ver si es posible con las actuales disponibilidades atender las necesidades; en caso contrario es necesario estudiar la ampliación del puerto.

La capacidad actual teórica del puerto será la que resulte de aplicar a las disponibilidades de instalaciones, los rendimientos prácticos que se alcanzan con los medios y métodos de operación normalmente usados.

Este rendimiento teórico será el de "saturación" del puerto, ya que a partir de este punto, el exceso de tráfico producirá congestiones en las operaciones y los costos aumentarán disminuyendo la eficacia de la operación.

La relación entre el rendimiento alcanzado y el teórico de cada tráfico o instalación indicará la eficacia del puerto y su grado de utilización.

4.3.4.3. Ampliaciones futuras

Si hay necesidad de ampliar el puerto, o bien se prevé que en el futuro el desarrollo del tráfico exigirá nuevas instalaciones, hay que estudiar detenidamente esta cuestión bajo varios aspectos.

En primer lugar, para resolver la solución inmediata debe decidirse si se amplía cada instalación donde está, o es preferible trasladar alguna de ellas a nuevas ubicaciones y dedicar el antiguo emplazamiento a la ampliación de los tráficos restantes.

Si se trata de una planificación a largo plazo, donde la construcción se vaya realizando por etapas, hay que determinar las necesidades de ampliación en cada período y si en algún momento es necesario el traslado de unas actividades a otro punto.

Si el puerto es base de una zona industrial, la previsión de terrenos es necesario realizarla de forma que el desarrollo no quede coartado por la falta de terreno; en muchos puertos se crean o reservan grandes extensiones de terreno en zonas cercanas al puerto para destinarlos a las industrias que necesitan estar cerca de las rutas marítimas.

Estas zonas pueden ser formadas por terreno existente lindando con el puerto, o incluso zonas pantanosas o de bajos fondos que pueden rellenarse con productos de dragado o de préstamos.

4.3.5. Conclusiones

El conocimiento de todas las circinstancias y condiciones que existan, se considera fundamental, ya que cualquier decisión que se tome dependerá del resultado del estudio.

El tipo y características del puerto: forma y ubicación de las dársenas; tipo de estructuras; distribución de la zona de servicios, etc., variará completamente de acuerdo con las circunstancias que en cada caso se encuentren y por tanto, no creemos sea posible alcanzar una planificación y solución correcta sin que previamente se haya conseguido la máxima información.

Si se consigue tener la información más exacta posible del tráfico futuro y de las condiciones que se encontrarán en el emplazamiento, será posible planificar una solución viable que pueda atender las necesidades de la actividad portuaria.

4.4. ESTUDIO DE LAS SOLUCIONES

4.4.1. Factores determinantes de las soluciones

Los más destacados podemos agruparlos como sigue:

a) De tipo portuario

b) En relación con las posibilidades de ampliación

4.4.1.1. Factores de tipo portuario

Son los que se refieren a la finalidad del puerto, es decir, a atender las necesidades de la actividad portuaria de forma que se consiga un servicio "rápido, económico y seguro".

Dentro de todos los que pueden intervenir son fundamentales los siguientes:

a) Ordenación del puerto con separación total de los distintos tráficos, siempre que sea posible, agrupando lo más afines.

b) Previsión de las necesidades terrestres y marítimas, tanto para cada uno de los tráficos como para el conjunto del puerto, y de las ampliaciones futuras de forma que sea posible realizar un plan escalonado de acuerdo con el desarrollo del tráfico.

c) Facilidad de accesos y movimientos en la parte marítima y terrestre, así como evitar posibles congestiones en el tráfico.

d) Adecuación de las instalaciones a las técnicas más avanzadas de manipulación o servicios, de forma que el puerto logre el más alto grado de rendimiento.

e) Previsión de la evolución de los medios de transporte y características de los tráficos para poder ofrecer el servicio necesario, sin que debe irse a remolque de las necesidades.

En cualquier caso hay que partir de la base de que es fundamental la separación de tráficos, y que cualquier ordenación que se haga debe estar supeditada a conseguir en lo posible este ideal.

Asimismo, debe planearse la separación de los accesos de los diferentes medios de transporte, de forma que exista el menor número posible de interferencias entre ellos y que no existan "cuellos de botella".

Los puntos que deben tenerse presente son:

A) En relación con el tráfico

Separar los tráficos esenciales o importantes que presenten características diferentes:

A_1) Por mercancías

a) Tráfico de pasajeros

b) Tráfico mixto de pasaje y carga

c) Tráficos de carga general

d) Tráficos de graneles sólidos

e) Tráficos de graneles líquidos

f) Tráficos pesqueros

g) Tráficos de recreo

h) Tráfico auxiliar e interior

i) Tráfico vario (guerra, etc.)

j) Tráfico de suministro

Dentro de estos tráficos deben distinguirse los graneles sólidos, en graneles pesados y ligeros; los graneles líquidos, separando petróleos de otros tipos transportados en barcos especiales menores; pesca; pasaje, etc.

A_2) Por volumen de operaciones

Los medios de manipulación y evacuación, etc., vienen muy influidos por este aspecto.

Un caso claro es el que se refiere a tráfico de pasajeros, ya que las necesidades de servicios para atender al viajero depende de su número, necesitando un terminal especial ó dedicando una instalación específica dentro de un muelle general o bien simplemente acondicionando unos locales en cualquier edificio para aquellos tráficos de reducido volumen e importancia.

Lo mismo sucede con los tráficos de graneles, por las diferencias que ofrece un terminal de refinería con un simple atraque para suministro de una ciudad.

A_3) Por la fluctuación estacional

Un aspecto que puede influenciar de manera decisiva la planificación portuaria, es la motivada por características de exportación, como ocurre en los puertos que exportan productos agrícolas de temporada, o los que por causas meteorológicas quedan cerrados algunos meses al año, etc.

Los rendimientos posibles solo deben referirse al período en que es posible el trabajo, aunque teniendo en cuenta que suelen forzarse los ritmos y turnos por lo que las cifras alcanzadas suelen ser mucho mayores de las normales.

A_4) Por las características de las operaciones

El que los cargamentos sean homogéneos o heterogéneos, de car

gas completas o parciales, con operaciones de exportación o importación solo o simultáneas, pueden influir en las dimensiones de superficies e instalaciones.

B) En relación con la explotación

Debe planearse el sistema de operaciones más adecuado a las características del tráfico, las instalaciones más convenientes y las obras de infraestructura y complementarias que sean necesarias.

Las soluciones posibles están condicionadas por una serie de bases previas que obligarán a variantes entre las que deberá elegirse la más conveniente.

C) En relación con las obras e instalaciones

Estas condiciones se refieren tanto a las obras e instalaciones como a los medios necesarios para asegurar el éxito de la operación.

Las condiciones básicas que han de cumplir las obras e instalaciones se refieren a:

a) Accesos y fondeaderos

b) Atraques y superficies de agua y tierra

c) Accesos terrestres

d) Utillajes e instalaciones

e) Servicios auxiliares

Deben asegurar el acceso terrestre y marítimo de los medios de transporte al muelle y allí disponer los suficientes medios para realizar el paso de la mercancía.

Debe estudiarse por un lado las necesidades de cada una de las actividades portuarias y por el otro el conjunto del puerto.

Los aspectos más importantes técnicos y económicos son:

a) Tipos de estructura: Apropiadas a las condiciones del medio y tráfico que requieran el mínimo gasto de conservación.

b) Posibilidad de construcción.

c) Costo mínimo de primer establecimiento.

d) Gastos mínimos de explotación, de forma que la solución elegida sea la más favorable no solo bajo el punto de vista del costo de la obra, sino tambien por los de la explotación

e) Gastos mínimos: de mantenimiento y conservación, facil vigilancia y control.

f) Posibilidad de escalonamiento del plan que permita ir entrando en servicio las instalaciones a medida que se construyan y escalonando las inversiones. Deben ejecutarse en primer lugar las obras más necesarias desde el punto de vista de una explotación inmediata.

D) De aspectos varios

Existen una serie de circunstancias muy variables; por su importancia citaremos las siguientes:

a) Aspectos básicos del medio: Existencia de edificaciones históricas que deban respetarse: núcleos residenciales que impidan la ubicación de instalaciones para tráficos sucios; avenidas marítimas y playas que limitan la posible expansión portuaria, etc.

b) Obras e Instalaciones especiales, como bases militares y navales; vías terrestres de gran importancia que sean muy costosas y prácticamente imposibles de trasladar.

c) Necesidades sociales o políticas. Pueden existir otros considerandos que contribuyen a elegir una solución a pesar de no ser la más conveniente o rentable: por ser necesaria para el desarrollo económico de una zona; necesidad de disponer de puntos de salida hacia el mar; bases de apoyo en la costa; puertos turísticos o de escala, etc.

4.4.1.2. Posibilidades de ampliación

Al proyectar las obras e instalaciones necesarias previamente se han deducido la necesidad de ampliación del puerto actual y las posibilidades que existen.

Se trata de sintetizar las diferentes soluciones y ver las posibilidades de realizarlas de acuerdo con las condiciones existentes examinando sus ventajas e inconvenientes para poder elegir entre ellas.

Los datos básicos y su orden serán los siguientes:

a) Tráficos y actividades portuarias a considerar. (Además del tráfico hay que tener en cuenta la posible existencia de zonas de reparaciones, recreo, fondeo de barcos, etc.).

b) Superficies necesarias de agua y tierra de cada uno de los tráficos y del conjunto del puerto, así como las zonas comunes.

c) Líneas de muelles, puestos de atraque, boyas, amarraderos, etc.

d) Almacenes, instalaciones especiales, utillajes, etc. al servicio del conjunto del puerto o de cada tráfico por separado.

Conocidos los datos anteriores y las obras e instalaciones existentes se podrá deducir las ampliaciones que son necesarias realizar.

En los tanteos de las posibles soluciones se presentan dos factores fundamentales:

a) Ampliaciones y facilidades necesarias

b) Posibilidades existentes

En unos puertos puede suceder que al lado de cada zona especializada exista suficiente espacio con las características requeridas para poder realizar las ampliaciones necesarias; en otros que dentro de las obras de abrigo actuales quepan las futuras necesidades sin necesidad de crear nuevas zonas abrigadas; en otros la solución puede consistir en una nueva ordenación del puerto, trasladando ciertos tráficos de sus actuales zonas a otras nuevas y dedicando las sobrantes a posible ampliación de los otros tráficos y finalmente en muchos será preciso crear nuevas zonas portuarias.

Las situaciones que pueden presentarse son prácticamente imposibles de resumir o agrupar y cada una deberá estudiarse y resolverse con independencia.

A continuación se clasifican los principales casos que pueden presentarse:

A)	¿Son necesarias futuras ampliaciones del puerto?.	A_1 = No	En este caso la planificación se reducirá a mejorar la ordenación, rendimiento, etc.
		A_2 = Si	(Deben estudiarse las soluciones posibles).

En el segundo caso el camino seguiría de la siguiente forma:

A_2	¿Que posibilidades de ampliación tiene el Puerto, dentro de los actuales límites, sin necesidad de crear nuevos espacios?	A_{21} ---	SI
		A_{22} ---	NO

El primer caso es el de los puertos que no necesitan nuevas ampliaciones.

Se pueden distinguir las situaciones siguientes:

A_{21}	$A_{2.1.1.}$	Las ampliaciones pueden realizarse, manteniendo la ordenación del tráfico y agrupación actual del --- puerto
	$A_{2.1.2.}$	Es necesario proceder a una nueva ordenación del puerto señalando zonas de características apropiadas a cada caso

En el caso de que sea necesario crear nuevas zonas para las futuras ampliaciones,

A_{22}

- $A_{2.2.1.}$ Las nuevas obras generales emplean a las antiguas y entonces nos encontraremos posteriormente en los casos A.2.1.
- $A_{2.2.2.}$ Las nuevas zonas son independientes de las actuales. En este caso los puertos pueden estar adosados.

Si se presenta la situación expuesta últimamente, podemos distinguir:

- $A_{2.2.2.1.}$ La Ordenación de cada una de las zonas portuarias es independiente, como si se tratara de puertos diferentes pudiendo existir en cada uno de ellos, los mismos tráficos.
- $A_{2.2.2.2.}$ Se hará una nueva ordenación agrupando los tráficos trasladando a las nuevas instalaciones los que sean más apropiados.

Esta solución suele ser una de las más aceptadas, ya que las nuevas instalaciones pueden proyectarse de acuerdo con las necesidades de los tráficos más exigentes en calados, superficies, etc.

En los casos considerados en los epígrafes A.2.1.2. y A.2.2.2., en los que debe planearse una nueva ordenación del puerto puede realizarse procediendo a una reordenación total desde el principio o ejecutada por fases de acuerdo con las necesidades del tráfico.

B) Fases de ejecución de la ordenación del puerto

- B_1 = La ordenación debe acometerse totalmente desde el principio
- B_2 = La ordenación se ejecutará por fases de acuerdo con las necesidades del puerto.

4.4.2. Rentabilidad del proyecto

4.4.2.1. Aspectos básicos

Como actividad al servicio del comercio marítimo, la actuación del puerto tiene que atender de manera especialísima a lograr costes mínimos en el paso de la mercancía dentro del eslabón que forma en la cadena de transporte por lo que debe hacerse una comparación de las ventajas e inconvenientes desde el punto de vista económico de cada una de las soluciones que puedan constituir alternativa.

Hay que diferenciar el caso de que se este planificando un puerto en su conjunto o un terminal específico; en el primer caso la rentabilidad económica es la fundamental ya que se trata generalmente de una actuación a largo plazo que se realiza para conseguir un beneficio para el conjunto de la comunidad y de los usuarios del puerto sin que sean decisivos los aspectos de la rentabilidad financiera; en cambio debe estudiarse la factibilidad financiera de plan y las necesidades de inversión.

En el estudio de un terminal específico es básica la rentabilidad financiera para lograr el máximo rendimiento económico de las instalaciones para el conjunto del tráfico. Normalmente una mejoría de un terminal añade beneficios a la rentabilidad económica del conjunto.

Hay que distinguir asismismo el caso de un nuevo puerto del de un puerto existente: en un nuevo puerto los criterios dominantes suelen ser los de la rentabilidad económica y no suele existir una solución de "referencia" para comparar; en un puerto existente los criterios financieros suelen estar más destacados, pudiendo comparar nuevas soluciones con las existentes y los beneficios que pueden derivarse de una determinada decisión.

3.4.2.2. Solución de referencia y comparación con las alternativas

Es la que nos vale para comparar las posibles soluciones y los beneficios que pueden obtenerse.

En un puerto nuevo no existirá esa solución debiendo comparar entre sí las diferencias alternativas. En general la solución de referencia será el puerto o instalación existente supuesto que se han introducido en ella la mejora de métodos y organización del trabajo, así como las inversiones mínimas necesarias para que la solución existente pueda trabajar con unas posibilidades parecidas a las de las alternativas. En este caso deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

A) Año de construcción y vida probable de la instalación modernizada, contando que a veces serán necesarias varias modernizaciones para que las instalaciones duren tanto como lo harían las de las alternativas.

B) Inversiones a lo largo del tiempo para modernizar las instalaciones o las nuevas necesarias.

C) Gastos que suponen estas inversiones a lo largo del tiempo.

Todas las bases de cálculo deben ser similares: costes de instalaciones; conservación; mantenimiento y gastos financieros.

4.4.2.3. Criterios de determinación de beneficios y costos

Independientemente de los que se pueden evaluar directamente o que proporcionan un beneficio inmediato a una actividad que son más o menos medibles, el problema radica en los indirectos o los que podriamos llamar de la colectividad.

Las satisfacciones individuales no pueden medirse y no pueden sumarse con los beneficios materiales; pero sin embargo hay que contar con ellas pues de lo contrario nunca podrian intervenir los factores humanos, sociales, ecológicos, etc.etc. en la elección de solución.

Habrá que intentar valorarlas, aun con el peligro de ser una opinión subjetiva y por tanto sometida a error.

El grave peligro está en que supervalorando los factores "externos", la elección no sea rentable y trabaje en pérdida. debiendo recurrir a las subvenciones con todo el peligro y malas consecuencias que esto puede acarrear.

Puede suceder que por presiones externas se supervaloren algunos factores que no tienen realmente esa importancia y se adopten soluciones que no son ni las más económicas ni las más beneficiosas para el conjunto por lo que hay que tener mucha precaución y cuidado al valorarlos y tratar de distinguir entre los verdaderos valores y lo que solo son "intereses" de ciertos grupos de presión.

4.4.3. Bases de Comparación.

La comparación de las soluciones ha de basarse en una serie de consideraciones más o menos objetivas, aunque muchas veces las decisiones que se tomen vienen influidas más por la facilidad de poder llevarlas a la práctica y economía de ejecución que por lograr en el día de mañana un conjunto más adecuado o de rentabilidad.

A) Las bases de juicio se pueden agrupar como sigue:

a) Cumpliendo las condiciones técnicas de las obras y de las necesidades para el desarrollo del tráfico.

b) Condiciones para la explotación, tanto actualmente como en el futuro.

c) Aprovechamiento al máximo de las instalaciones actuales y mínimas perturbaciones de la ordenación existente.

d) Posibilidad de ejecución en fases, logrando la más rápi-

da utilización de las obras y fraccionando las inversiones.

e) Posibilidad de desarrollo futuro.

f) Buenos enlaces con las redes generales de comunicaciones terrestres.

g) Costos mínimos totales, tanto de los gastos de primer establecimiento como los de explotación.

h) Rentabilidad económica y financieras máximas.

i) Relaciones con los factores externos (urbanos, artísticos, sociales, políticos, etc.).

j) Servicios auxiliares y complementarios y muy especialmente, los que se refieren a viviendas y servicios para el personal portuario.

k) Varios, diferentes segun los casos.

En especial debe dedicarse una atención preferente a los aspectos relacionados con el usuario y sus operaciones portuarias; dentro de estos cabe destacar los siguientes:

a) Facilidades que ofrece a las maniobras del barco y su estancia en el puerto.

b) Movimiento del tráfico terrestre

c) Manipulación de la mercancía

d) Varios. Cualquier otra circunstancia que pueda motivar un gasto adicional.

Asimismo tienen una influencia decisiva los aspectos económicos, tanto referentes a los económicos totales como a los portuarios propiamente dichos.

Al analizar las soluciones debe incluirse el conjunto del puerto en cada una de ellas para conocer si la solución es rentable en el conjunto a la comunidad.

La comparación suele facilitarse a base de formular uno o varios cuadros, donde aparecen las características de las diferentes soluciones pudiendo ponderarse las ventajas e inconvenientes de cada una.

Eliminando las que sean inaceptables por incumplir algunas de las bases fundamentales, pueden seleccionarse algunas de ellas para decidir finalmente.

4.5. Análisis y juicio de la solución elegida.

Elegida una solución, es difícil que cumpla al máximo las condiciones teóricas que se plantearon al principio del estudio, sino que será resultado de acomodar a las posibilidades existentes las necesidades planteadas.

En el estudio previo, se trabaja prácticamente a base de esquemas o croquis más o menos exactos; posteriormente debe afinarse, fijando de la manera más exacta posible las dimensiones en planta así como las características fundamentales de las obras e instalaciones para pasar ulteriormente a la fase de proyecto definitivo de cada una de las obras e instalaciones, pero lo que en cualquier caso debe obtenerse es que la solución final dibujada de acuerdo con las posibilidades cumpla con los supuestos básicos.

Una vez elegida la solución y determinadas sus características dimensiones y peculiaridades, debe analizarse de forma exhaustiva para conocer de manera suficiente sus condiciones y los resultados que se obtendrán con su puesta en marcha. Se trata de suponer el puerto construido de acuerdo con la solución examinar sus condiciones desde todos los aspectos fundamentale y de acuerdo con el tráfico previsto para cada una de las etapas o fases.

4.5.1. Obras e Instalaciones.

El análisis de las obras e instalaciones, se reduce a examinar las condiciones técnicas de las obras e instalaciones existentes suponiendo realizado el plan propuesto, así como los índices resultantes.

4.5.2. Explotación.

En este aspecto es donde puede existir una diferencia total entre las condiciones y métodos de explotación y las propuestas.

El estudio debe realizarse para cada uno de los tráficos característicos y analizar la operación total comprobando que la cadena de operaciones que se realice no sea alterada porque alguna instalación portuaria no sea suficiente ó se produzcan "cuellos de botella" ó surjan demoras así como el costo probable a que resulta la operación y la economía que se logra al disponer de instalaciones más eficaces.

4.5.3. Capacidad portuaria.

La capacidad, depende de dos factores fundamentales: insta

laciones disponibles y rendimiento de las mismas de acuerdo con los métodos de operación.

Conocida la solución adoptada y sus características puede determinarse el rendimiento unitario de cada instalación y el del conjunto portuario debiendo ser suficiente en todas ellas.

Si el puerto se construye por etapas la capacidad deba estudiarse para cada fase y comprobar que el plan previsto es capaz de atender el tráfico supuesto en cada período.

4.5.4. Fases de ejecución.

La ejecución de un plan portuario debe ser programada en etapas ya que un Plan General debe estudiarse atendiendo a las necesidades a largo plazo y las obras no deben estar inactivas, por lo que sólo deben ejecutarse las necesarias reduciendo la inversión a lo estrictamente indispensable.

Como el crecimiento del tráfico suele ser paulatino salvo en ciertos casos especiales, pueden programarse las necesidades a lo largo del tiempo y la posibilidad de dividir las instalaciones en fases para acometer su ejecución de acuerdo con dicha programación.

4.5.5. Inversiones y rentabilidad.

Calculados los costes y beneficios de las instalaciones y de los beneficiarios de las mismas se puede deducir la rentabilidad.

A) Rentabilidad financiera

A_1) Costes. Se calcularán anualmente tanto los de inversión como los periódicos de todo tipo actualizando a pesetas constantes.

Conviene incluir el concepto de erosión de la moneda por un lado y por otro que si se trata de inversiones realizadas mediante empréstitos, etc, más que la inversión inicial deberá contarse con las sumas de amortización en el momento en que se produzcan.

A_2) Ingresos. Sólo deben incluirse los del presupuesto del organismo inversor; sólo deberá tenerse en cuenta las tarifas vigentes con las posibles modificaciones que se prevean en el futuro.

B) Rentabilidad económica.

Para el cálculo de este concepto pueden usarse varios criterios, teniendo en cuenta que hay aspectos difíciles de puntualizar.

Lo mejor es simplificar el problema limitándose a calcular el aumento de beneficios que puede producir a la comunidad la inversión realizada.

Con este criterio los costes son los mismos que los calculados para la rentabilidad financiera sin deducir los de las industrias o usuarios.

Los beneficios serán los que se producen a los usuarios por su utilización del puerto, calculados a base de los ahorros en fletes, demoras, gastos de operación, pérdidas, etc.

Es diferente el caso de que se trate de una inversión para mejorar una instalación existente que el de un puerto nuevo; el primer caso se calcularán los beneficios, a base de la mejora sobre el estado actual; en el segundo caso por los que consigue el usuario al utilizar el nuevo medio de comunicación en comparación de los que utilizó antes.

C) Factibilidad y Financiación.

Independientemente debe calcularse la necesidad de disponibilidad de dinero en cada momento, es decir el "cash-flow" entre gastos de ingresos, de manera que tanto los gastos de inversión, como los de operaciones estén atendidos por ingresos más financiación.

4.5.6. Análisis por métodos matemáticos.

La metodología del análisis anteriormente expuesta se basa en una simple aplicación de los conocimientos para formar un juicio; prácticamente es seguir una línea lógica de investigación operativa sobre cada uno de los aspectos del puerto; cada zona o terminal puede estudiarse por separado bien a base de los datos empíricos, bien aplicando el método analítico o de simulación sobre el tráfico e instalaciones y deducir la ocupación y rendimientos logrados así como los posibles puntos que pueden constituir cuellos de botella y que podrían mejorarse con una actuación adecuada.

Para el conjunto de la solución, el procedimiento más adecuado es el de simulación, pues permite representar la actividad portuaria en conjunto y sus resultados a base del tráfico supuesto y la solución elegida.

El problema está en definir claramente las leyes de entrada y servicios de barcos y otros elementos y posteriormente en determinar el modelo que servirá de base a la simulación.

Ajustado este modelo de forma que ofrezca una sensibilidad aceptable, se puede analizar el comportamiento del puerto a lo largo del tiempo y ante varias situaciones cambiantes del tráfico.

Si se logra este modelo y se dispone de ordenador adecuado no hay duda que este procedimiento es el más seguro para comprobar la bondad de la solución elegida.

6. REDACCION DEL PLAN GENERAL

Las normas técnicas que regulan la forma de redactar los anteproyectos o proyectos de obras y de explotación de servicios suelen estar reguladas por disposiciones oficiales que señalan de manera preceptiva, los documentos que deben constituir el estudio.

Hay que hacer una salvedad a este respecto, y es que por las especiales características de un Plan General de un puerto, su estudio debe presentar algunas variantes, respecto a la redacción de los proyectos o anteproyectos de otras actividades, cosa que además está prevista en las disposiciones oficiales, aunque como es lógico debe justificarse por el proyectista.

Un puerto representa una actividad humana complejísima, y totalmente diferente a las de otras actividades pues por sus características de universalidad, libertad, etc; por el hecho de que los usuarios pueden acudir al puerto que quieran, porque los mares son libres; por las practicas del comercio internacional; porque no se pueden limitar tamaños, dimensiones y por otras mil causas, la métrica del estudio de su planificación es totalmente diferente de las demás.

Un Plan General de un puerto, debe ir dirigido fundamentalmente a lograr la solución de más rentabilidad económica del conjunto de la operación portuaria y en este conjunto no hay que olvidar que tanta o más importancia que las inversiones de primer establecimiento y su explotación tienen la explotación y un plan debe consistir en analizar tráficos, métodos de operaciones, costos, etc. y en consecuencia ver la disposición en planta más adecuada a las instalaciones y muy en segundo lugar atender a las características técnicas de la obra en relación con su estructura; en cuanto a la explotación de los servicios, hay que tener en cuenta que deben estudiarse en su relación con la operación sin entrar en formas administrativas, ya que cualquiera que sea esta, el resultado debe ser el mismo; por otro lado no se olvide la complejidad de jurisdicciones, usos y costumbres, etc., que intervienen en el conjunto de la actividad portuaria que no permiten redactar un anteproyecto de explotación de servicios como en otra actividad.

El Plan General de un puerto debe ser un estudio exhaustivo del puerto en su conjunto (y no solo de obras o servicios de la Autoridad Portuaria), que permita una decisión y una programación lo más concreta posible del camino a seguir y su acomodo a lo largo del tiempo y posteriormente redactar los proyectos de obras y de explotación de servicios de las diferentes etapas que se vayan presentando.

Los documentos que constituyen el plan serán practicamente los que hemos ido viendo en los distintos apartados anteriores, donde se ha realizado un análisis del puerto actual y posibilidades de desarrollo.

Los aspectos mínimos que debe contemplar un "Plan General del Puerto" son los siguientes:

I. Motivos y finalidad del Plan

II. Tráfico y necesidades futuras

2.1. Tráfico y su evolución

2.2. Esquema y organización "ideal"

2.3. Necesidades portuarias.

III. Análisis y Juicio Puerto Actual

3.1. Condiciones existentes del emplazamiento

3.2. Obras e Instalaciones

3.3. Organización servicios y operaciones

3.4. Aspectos financieros y económicos

3.5. Posibilidades de mejora e inversión y actuaciones necesarias.

3.6. Capacidad teórica puerto reorganizado

3.7. Solución de referencia.

IV. Elección y Desarrollo de la solución

4.1. Condiciones básicas de la solución

4.2. Soluciones posibles

4.3. Elección de la solución

4.4. Análisis y juicio solución elegida

4.5. Anteproyecto Esquema general del Puerto

4.6. Anteproyecto organización servicios y operaciones y del plan económico-financiero.

V. Conclusiones finales

5.1. Consideraciones sobre el estudio desarrollado

5.2. Recomendaciones sobre la puesta en marcha del mismo.

4.7. ESQUEMA DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO DE LA PLANIFICACION DE UN PUERTO EXISTENTE

Como resumen de lo anteriormente expuesto, se analiza a continuación el esquema adjunto donde aparecen las diferentes fases que hay que recorrer para realizar el estudio:

Se pueden agrupar como sigue:

Fase 1ª. Estudio de la solución actual

" 2ª. Previsión teórica futura

" 3ª. Análisis soluciones posibles

" 4ª. Selección previa soluciones

" 5ª. Desarrollo Anteproyecto solución

" 6ª. Estudio económico soluciones

" 7ª. Rentabilidad y Planificación

" 8ª. Elección final de la solución

" 9ª. Desarrollo de la solución

Este esquema responde al estudio analítico de un Plan General del Puerto aplicando preferentemente el método empírico ya que para determinar la solución más apropiada del esquema general es suficiente y quizás el camino más corto y seguro. Algunas partes se deben estudiar mediante la aplicación de los métodos analíticos o de simulación.

A). Estudio de la solución actual. FASE 1ª.

Se refiere a las condiciones físicas existentes, así como a las instalaciones, tráfico, métodos de operación, resultados, etc.

La metodología usada es la siguiente:

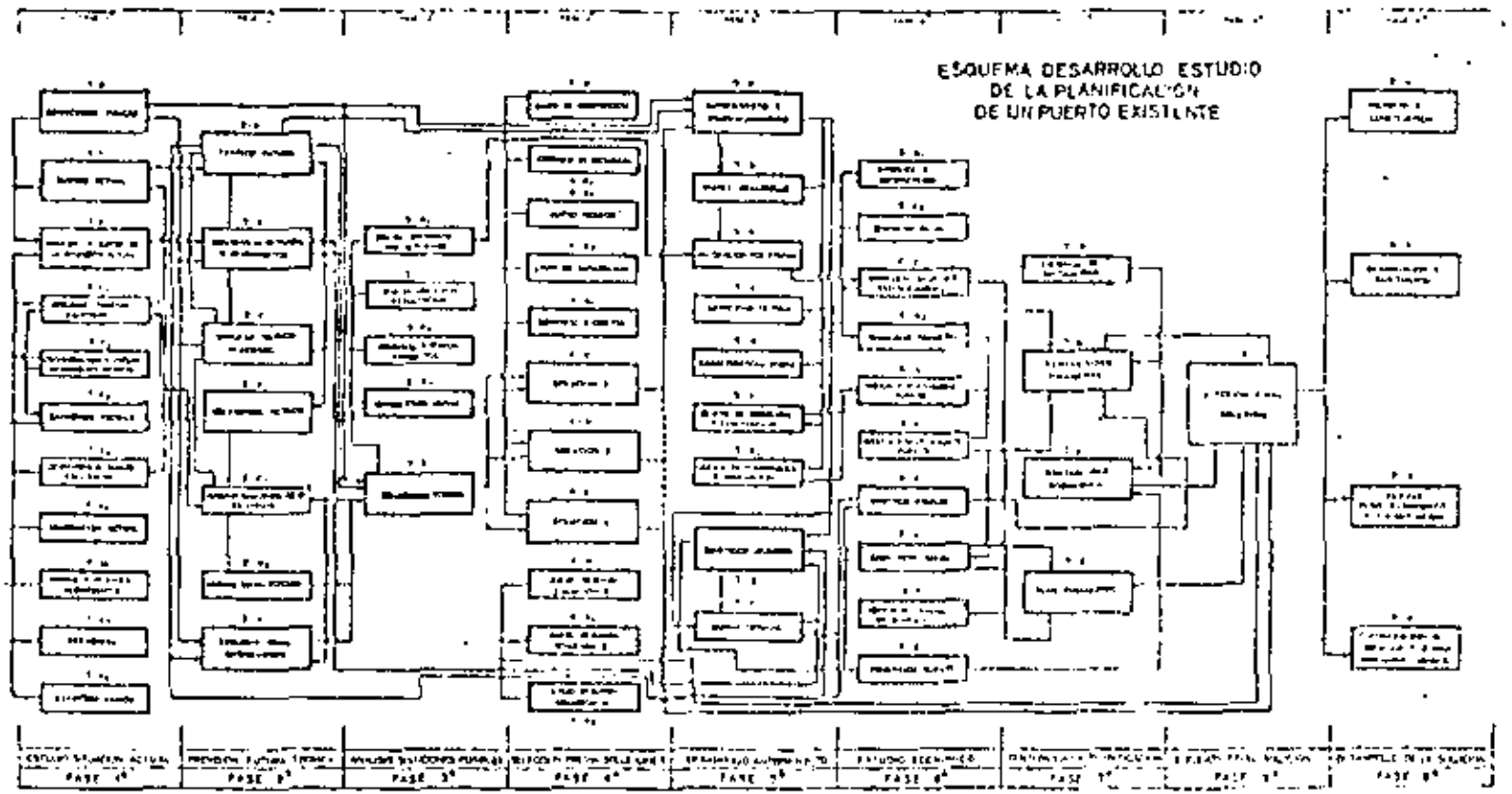
1-a: Condiciones del emplazamiento; Tanto físicos como marítimos, geológicos, ambientales, etc.

1-b: Tráfico actual; barcos, mercancías, transportes terrestres, etc.

1-c: Análisis y juicio de la situación actual

Para ello hay que considerar varias facetas de grado inferior:

$1\text{-}c_1$: esquema general existente: Obras e instalaciones y disposición de las diferentes zonas portuarias con


ESQUEMA DESARROLLO ESTUDIO
DE LA PLANIFICACIÓN
DE UN PUERTO EXISTENTE

sus características, posibilidades de ampliación, etc.

1-c_2: <u>organización y explotación, rendimientos teóricos</u> forma de organizar los servicios, métodos de operaciones, rendimientos supuestos de las instalaciones, etc.

1-c_3: <u>capacidad teórica del puerto existente</u> sale como consecuencia del 1-c_1 (esquema existente) y del 1-c_2 (rendimientos supuestos).

1-c_4: <u>Rendimientos reales</u> es una consecuencia del 1-b (tráfico existente) y del 1-c_1 (esquema existente)

1-c_5: <u>Valoración actual</u>

1-c_6: <u>Tarifas y planes económicos</u>

1-c_7: <u>Personal</u>

1-c_8: <u>Aspectos varios</u>

Se refieren a los diferentes aspectos que es necesario conocer para tener una idea completa de como funciona el puerto.

Con los apartados anteriores se puede dar un juicio completo sobre la situación del puerto y sus posibilidades.

B). <u>FASE 2ª. Previsión futura teórica</u>

Condiciones que existirán en el futuro de acuerdo con las previsiones del tráfico y necesidades que existirán supuestos los nuevos métodos de trabajo, así como necesidades totales futuras, concretando que puede aprovecharse de lo existente y que debe construirse nuevo.

2-a: <u>Tráfico futuro</u>: Tráfico previsto a lo largo de los años de acuerdo con la evolución fijada.

2-b: <u>Explotación propuesta y rendimientos</u>: Se refiere a los métodos que deberán considerarse en el estudio del futuro puerto; la solución escogida depende tanto de 2-a (tráfico propuesto), como de 1-a (condiciones del emplazamiento) y de 1-c (situación actual).

2-c: <u>Esquema teórico adecuado</u>: Con unas condiciones existentes, (1-a), un tráfico (2-a) y unas condiciones de explotación, instalaciones y rendimientos propuestos (2-b) sale el esquema teórico.

2-d: <u>Necesidades teóricas</u>: Del tráfico previsto (2-a), de la explotación (2-b) y esquema (2-c) se deducirán las neces-

sidades teóricas, con independencia del esquema que se adopte.

Estas necesidades se dividen en dos partes:

($2-d_1$) Aprovechamiento de lo existente que dependen de lo que existe ($1-c_1$) y de lo que necesita (2-c).

($2-d_2$) Nuevas instalaciones que serán lo necesario (2-d) menos lo aprovechado ($2-d_1$).

2-e: Esquema final recomendado: Como conclusión de los apartados anteriores ($2-d_1$) instalaciones existentes que pueden aprovecharse; ($2-d_2$) nuevas instalaciones que se necesitan construir y a la vista de las condiciones físicas (1-a) y el tráfico previsto (2-a) se puede dibujar un esquema primario de lo que debe ser el futuro previsto.

C). FASE 3ª. Análisis soluciones posibles

Se trata de clasificar las soluciones que pueden responder las necesidades contempladas en el punto anterior 2-C.

En primer lugar se deben deducir una serie de parámetros iguales para introducir en las diferentes soluciones, así como las diferentes facetas que deben contenerse en las soluciones que se propongan.

(1-a) - Condiciones físicas

(2-a) - Tráfico futuro

(2-c) - Esquema básico recomendado

($2-d_1$) - Instalaciones que pueden aprovecharse

($2-d_2$) - Nuevas instalaciones

Hay que concretar las bases de valoración para que las soluciones respondan a criterios iguales; se fijarán los correspondientes a los siguientes apartados:

$3-a_1$ - Costes unitarios de las instalaciones y obras

$3-a_2$ - Costes unitarios de explotación

$3-a_3$ - Beneficios y costes indirectos a tener en cuenta

$3-a_4$ - Condiciones varias que se señalan comunes a todos

Como consecuencia de los dos grupos de apartados se obtendrá un conjunto de soluciones posible, es decir una serie de esquemas que pueden responder a las necesidades planteadas. Esto se recoge en el apartado:

3-a - Soluciones posibles.

D) FASE 4ª. Selección previa de soluciones

Se trata de hacer una selección de las soluciones, ya que muchas de las posibles serán muy iguales o coincidentes entre ellas, pudiendo agruparlas a efectos de comparación con otras y simplificar el problema para dedicarse solo a aquellas más idóneas.

Se fijan en primer lugar los factores que intervienen en el juicio;

4-d: Bases de comparación. Son las que se seleccionan como determinante de la solución.

4-d_1: Criterios de exclusión: Causas que eliminan una solución sin que puedan tomarse en consideración.

4-d_2: Juicio técnico: Sobre las condiciones del esquema y sus instalaciones.

4-d_3: Juicio de explotación: Sobre las posibilidades y formas de explotación.

4-d_4: Beneficios y Costes: Resultados del estudio de la rentabilidad.

Aplicados estos criterios a las soluciones 1.2. ... 4., tendremos finalmente un juicio previo de las diferentes soluciones 4-c, 4-e, etc.

E) FASE 5ª. Desarrollo del Anteproyecto

Se trata de estudiar con más detalle las soluciones que se han seleccionado en el estudio previo; puede que solo quede una ó que existan varias.

Las fases a estudiar en cada solución son:

5-a: Anteproyecto y Dimensionamiento: Sobre el esquema previo y de acuerdo con el tráfico y condiciones existentes (1-a) y (2-a).

5-b: Etapas del desarrollo: Señalar las fases o el tiempo en que deben ir terminándose o poniéndose en servicio las instalaciones.

5-b_1: Valoración por etapas: De lo anterior y los costos unitarios (3-a_1) se deducen los costos.

5-c: Capacidad teórica: Se deriva del esquema del anteproyecto y los métodos de operación y rendimiento supuestos para las instalaciones.

5-d: Características varias: Juicio sobre los diferentes aspectos.

5-e: Costes de dirección y explotación:

5-e_1: Costes de conservación y renovación: Del esquema estudiado y con la organización supuesta.

5-f: Tarifas óptimas: De acuerdo con el volumen del tráfico y el esquema del anteproyecto (en conjunto, con costes de inversión, explotación y conservación, etc.) se deduce el nivel y cuantía de las tarifas.

5-g: Beneficios usuarios: Del anteproyecto estudiado (5-a), del tráfico futuro (2-a) y de las condiciones físicas (1-a) se deducen los beneficios a los usuarios (evitar demoras por falta de calado, uso de remolcadores, estadías, mayores barcos, etc.).

F) FASE 6ª. Estudio Económico

Se orienta hacia el estudio de los aspectos económicos y financieros y la factibilidad de realizar el plan.

Los estudios a realizar son:

6-a: Inversión anual de primer establecimiento: De acuerdo con la valoración por etapas 5-b.

Para ésto previamente se deben haber fijado los puntos:

6-a_1: Intereses y Amortización

6-a_2: Costes del dinero

y como consecuencia:

6-a_3: Anualidad financiera: (Correspondiente a cada etapa del anteproyecto).

Esto, unido a los puntos (5-c) y (5-e) que nos dan el 6-b : gastos de funcionamiento del puerto se obtiene finalmente:

6-c: Gastos totales anuales del puerto: (De construcción, explotación y conservación).

Por otro lado, el trafico futuro (2-a) y las tarifas óptimas (5-f) se deduce:

6-d: Ingresos anuales:

La diferencia entre ingresos y gastos anuales (6-d) y (6-c) nos da el (6-e) cash-flow anual que unido a las necesidades de inversión (6-a) producen el (6-f) necesidad anual de dinero.

Finalmente, el conjunto de (6-d) y (5-g) ingresos y beneficios a terceros nos da el beneficio total (6-g) que producirá la solución.

G) FASE 7ª. Rentabilidad y Planificación

Es el estudio del aspecto de la rentabilidad del proyecto.

En primer lugar deben fijarse los criterios de rentabilidad (7-a) que aplicados a los puntos (6-a) de inversión anual y (6-c) gastos totales, juntamente con los ingresos anuales (6-d) nos da la rentabilidad financiera (7-b); de la misma forma, pero considerando los beneficios totales (6-g) nos dará la rentabilidad económica (7-c).

Finalmente, conociendo la necesidad anual de dinero (6-f) tanto para las obras como la explotación y conservación, y la disponibilidad de dinero (6-e) resultante de los ingresos, se puede formular el plan financiero (7-d) a lo largo de las etapas o fases del plan.

H) FASE 8ª. Elección de la solución

Realizados los estudios correspondientes a cada una de las soluciones seleccionadas, se elige la más adecuada, atendiendo fundamentalmente a los siguientes puntos:

8-a: Anteproyecto de cada solución y juicio de sus características fundamentales (4-e) (4-e_1) .....

8-b: Rentabilidad financiera (que es la bondad del plan bajo el punto de vista de rendimiento del dinero invertido).

8-c: Rentabilidad Económica: (que marcará la bondad para el conjunto de los usuarios, etc.).

8-d: Plan financiero (que indicará la posibilidad de ejecutar el plan o que recursos habrá que movilizar).

I) FASE 9ª. Desarrollo de la solución

Corresponde al estudio final de la solución elegida. Los aspectos que deben contemplarse son:

9-a: Proyecto y Construcción (desarrollo de los proyectos, pliegos de concurso, pliego de condiciones técnicas y económicas, inspecciones, etc.).

9-b: Organización y Explotación: Métodos de operaciones; Rendimientos mínimos a obtener; zonificación; reglamento de utilización de servicios etc.

9-c: Tarifas y Plan Económico y Financiero: Tarifas de servicios y de utilización de zonas e instalaciones públicas y privadas. Presupuesto de ingresos y gastos. Formas de financiación. Gastos financieros.

9-d: <u>Concesiones de servicios y zonas. Reglamento Usuario:</u>

Determinación de las zonas a conceder a terceros. Reglamento de uso de las instalaciones en concesión. Reglamento de utilización del puerto por los usuarios.

PARTE QUINTA

LA ORGANIZACION DEL PUERTO

CAPITULO I = El régimen legal de los Puertos

CAPITULO II = La Organización de la Autoridad Portuaria

CAPITULO III = La Organización de las Operaciones

Directorio de Asistentes al curso Proyecto y Construcción de Obras Marítimas y Portuarias 1980

1. Eliezer Adame Galván
PEMEX
250 11 26

E. Nacional 125-3
Col. Anzurez
México, D.F.
250 78 65

2. José Luis Aguilar Castañeda
Dir. Gral. de Obras Marítimas
Lerdo de Tejada 6
Sn. Juan Ixhuatepec, Edo. de Méx.
569 28 36

Laura 42 # 4
Villa de Cortés
Z.P. 13
696 09 45

3. José Guillermo Almeida Reynoso
D G O M
Insurgentes Sur 465
Z.P. 7
564 57 28

Del Paso 226 D-15
Jardín Balbuena
Z.P. 9
552 29 07

4. Leonardo Alvarez León
Esc. Nal. de Est. Prof. Acatlán
Edo. de México
373 23 99 Ext.122

Nte. 82 # 6116
G. Sánchez
Z.P. 14
760 20 87

5. Argelia Antonia Avila Reyes
Constructora Gral. del Nte., S.A.
Priv. de Bezares 31
Z.P. 10
570 23 47

Edif. 7 Ent. B Depto. 401
Lindavista Vallejo
Z.P. 14
587 60 96

6. Antonio Cabrera Cervantes
Nal. Financiera, S.A.
V. Carranza 25-6°
Z.P. 1
510 10 49

Contadores 77
J. Churubusco
Z.P. 13

7. José Cepeda Pachuca
Dir. Gral. de Ope. Portuaria
Eugenia 197
Z.P.12
590 42 85

Escorpio 5-8
Prado Churubusco
Z.P. 13
581 33 00

8. Crescencio León Cruz Sosa
Depto. de Pesca
Aguascalientes 175-8°
Z.P.11
574 85 58

Camino a Belén 54
J.Ma. P.Suárez
Z.P. 18
277 88 81

9. Juan de la Peña Salgado
Planificación y Urbanismo
Palacio de Gobierno
La Paz, B.C.S.
2 33 00

Independencia 713
La Paz, B.C.S.
2 12 07

10. Efraín P. Díaz Hernández
Universidad Michoacana de Sn. Nicolás de Hidalgo
Ciudad Universitaria
Morelia, Mich.

Lago Chapala 135
Ventura Pte.
Morelia, Mich.

11. Rodolfo Figueroa Arellano
PEMEX

Av. Univ. 2016, Edif. 15-401
Copilco
Z.P. 20
548 50 03

12. Germán García Valdéz
PEMEX

Circ. Economistas 128
Satélite, Edo. de Méx.
572 38 96

13. José Gómez Morán
Dir. Gral. de O. Marítimas
Insurgentes Sur 465
Z.P. 11
564 51 35

Silos 131
Col. Minerva
Z.P.13
582 66 25

14. Rafael E. Gómez Rojas
Cía. Benajmín Mora González
Londres 71
Z.P. 6
511 85 98

Querétaro 80-302
Z.P.7
574 92 28

15. Adrián González Arteche
Constructora Gral. del Nte., S.A.
Cerrada de Bezares 31
Z.P. 10
570 23 47

Benito Díaz de Gamera 29
Cda. Satélite, Edo. de Mex.

16. Pablo González Núñez
ELC Ingeniería Mexicana
Fte. de la Luna 172
Ftes. del Pedregal
Z.P. 20
568 44 25

Margaritas 333-1002
La Florida
Z.P. 12
559 1027

17. José de Jesús Hernández Cosio
Ote 217 No. 82
Agrícola Oriental
Z. P. 9

18. Tomás Hernández Cruz
Inst. Méx. del Petróleo
Av. de los 100 Metros No. 152
Z.P. 16
567 66 00 Ext. 2637

Prol. Rubí 22
Col. Estrella
Z.P. 14
517 14 02

19. José Luis Hernández

20. Daniel Hernández P.
ENEP Campo 3
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

Unidad Cuitlahuac 44-B-302
Z.P.16
556 39 90

21. Francisco Xavier Herreramoro Rodríguez
Nal. Financiera, S.A.
V.Carranza 25-6°
Z.P. 1
512 02 11

Ing. Roberto Gayol 115
Col.. Industrial
Z.P. 14
517 99 67

22. Alfonso López Fuentes
D. G. O. M. DE LA S.C.T.
Insurgentes Sur 465
Z.P. 11

Unidad Cuitlahuac Edif. 8 Ent. B-201
Nva. Sta. Ma.
Z.P. 16
556 47 58

23. Raúl Maldonado Herrera
Lab. Nal. de la Const., S.A.
Calle 23 No. 22
Z.P.18
516 25 65

Calle 8 # 107
Progreso Nal.
Z.P. 14
392 04 16

24. Jorge Luis Navarro Lezama
Bco. Nal. Pesquero y Portuario, S.A.
Av.P.de la Reforma 133 Edif.Roble 4°
Z.P. 4
566 23 44 Ext. 135

Av. F.C.Hgo. 405-1
Col. 3 Estrellas
Z.P. 14
537 82 93

25. Alejandro Rafael Nyssen Ocaranza
Coordinación de Proyectos de Desarrollo
Protasio Tagle 95
Z.P. 18
271 15 88

Pizarra 151
Col. Pedregal
Z.P. 20
568 13 28

26. Homero Padrón Castaño
PEMEX

Xochicalco 12 Edif. B-102
Z.P. 12
538 35 39

27. José Ramón Perez Contreras
S A R H
Reforma 107-2°
Z.P. 4

Matagalpa 929-9
Z.P. 14
754 48 39

28. Vicente Pérez Arzate
Subsecretaría de Ptos. y Marina Mercante
Insurgentes Sur 465
Z.P. 11

Manuel Glz. 184 B-603
Z.P.3
583 51 71

29. Antonio Piñón Díaz
Bco. Nal. Pesquero y Portuario, S.A.
Versalles 15
Z.P. 7
566 23 44

Cocoteros 163 F
Nva. Sta. María
México, D.F.
556 69 61

30. Guillermo Porrás García
FISOMEX
Reforma 213-11°
México, D.F.
535 43 80

Morena 716
Z.P. 12
543 95 69

31. Alfonso Reyes Zeyher
Dir.Gral. de Obras Marítimas
S. C.T.
Av. Insurgentes Sur 465
México, D.F.

Pirotecnia 43
Col. Azteca
Z.P.9
789 03 87

32. Serafín Rojas Lugo
Dir.Gral. de O. Marítimas
Insurgentes Sur 465-7°
México, D.F.

Edif. III A 202
Unidad Cuitlahuac
Nva. Sta. María
México D.F.
355 03 88

33. Efraín Rojas Torres
PEMEX
Subjefe de Obras Civiles en la Zona Sur
Subdirección de Explotación
La llave Esq. H. Colegio Militar
Coatzacoalcos, Ver.
2 02 95

Bellavista 316 Altos
Coatzacoalcos, Ver.
2 34 22

34. Luis Sánchez López
SCT Coordinación de Proyectos
Dir.Gral. de O. Marítimas
Insurgentes Sur 465
Z.P. 11
584 68 92

F 35-6-14
Lomas de Plateros
Z.P. 19
593 77 30

35. Benito Sánchez Henkel
Paseo Xinantecatl 404 Pte.
Toluca, Méx.
546 64

36. Jesús Santa Anna Rodríguez
Subsecretaría de Ptos. y Marina Mercante
Sebastián Lerdo de Tejada 6
Municipio de Sn Juan Ixhuatepec
Edo.de Méx.

Playa Ola verde 385
Ref. Iztaccihuatl
Z.P. 13
579 17 14

37. Felipe Santoyo Moctezuma
Dir. Gral. de O. Marítimas
Insurengentes Sur 465
Z.P. 11

Bermudas 321
Col. Cosmopolita
Z.P. 15
564 51 35

38. Enrique Soliz Canedo
Gilsa
Coordinador de Nvos. Proyectos
Insurgentes Centro 86-2°
Z.P.4
566 79 66

Vista Hermosa 85-503
Z.P.13

39. Francisco Tellez Herrera
Dir. Gral. de O. Marítimas
Insurgentes Sur 465
Z.P. 11

Zahuatlán 352
Col. Romana
Edo. de Méx.
565 98 90

40. Sergio Troyo Diéguez
S A R H
Félix Ortega 12
La Paz, B.C.S.
2 31 93

41. Guillermo Fernando Ulloa Orozco
PEMEX
Jefe Secc. Ing. Civ.
Dom. Conocido
C. Carmen, Campeche

42. Ramón Valencia Cornejo
PEMEX

43. Armando Octavio Varela Ramírez
Depto. de Pesca
Aguascalientes 175-8°
Z.P. 11
574 85 58

44. Marco Antonio Vázquez Valdés
PEMEX
Pino Suárez 40 Pte.
Los Mochis, Sin.
2 79 47

45. Roberto Wong Urrea
SIGMA Constructores Externos
Jefe de Proyecto
Montes Escandinavos 105
Lomas de Chapultepec
México, D.F.
520 58 84

Sn. Bernabe 393
Sn. Jerónimo
Z.P. 21
595 16 45