



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

**Diseño y Fabricación de soportes para pantallas informáticas LCD
ubicadas en el Aeropuerto de la Ciudad de México.**

Modalidad de titulación

Trabajo profesional

Ingeniería Mecánica

Marcos Santillán Gómez

099000787

Director: M. en I. Jesús Vicente González Sosa

Empresa: DIMITEC S.A. de C.V.

2013.

Índice

1. Introducción	1
2. La empresa: DIMITEC S.A. de C.V.	3
2.1. DIMITEC S.A. de C.V.	3
2.1.1. Descripción de la empresa	3
2.1.2. Descripción de proyectos realizados en la empresa	4
2.2. Participación en la empresa	6
2.2.1. Aportaciones a la empresa	6
2.2.2. Aplicación de conocimientos en la empresa	15
3. Diseño y fabricación de soportes para pantallas LCD.	18
3.1. Definición del proyecto	18
3.1.1. Necesidades	18
3.1.2. Aspectos importantes por lo que se requiere el diseño de los nuevos soportes	18
3.1.3. Requerimientos	19
3.1.4. Identificación de requerimientos	19
3.2. Planteamiento del proyecto	20
3.2.1. Soporte Hexagonal tipo kiosco	21
3.2.2. Soporte Larguero (para 5 o 10 pantallas)	21
3.2.3. Soporte para 4 pantallas	22
3.2.4. Soporte Tótem	22
3.2.5. Soporte Telescópico para 2 pantallas	23
3.3. Diseño conceptual	23
3.4. Diseño a detalle	28

3.4.1. Soporte Hexagonal tipo kiosco	28
3.4.2. Soporte Larguero (para 5 o 10 pantallas)	32
3.4.3. Soporte para 4 pantallas	36
3.4.4. Soporte Tótem	37
3.4.5. Soporte Telescópico para 2 pantallas	39
3.5. Cálculos de Resistencia	41
3.5.1. Soporte Hexagonal tipo kiosco.....	44
3.5.2. Soporte Tótem	50
3.5.3. Soporte Telescópico para 2 pantallas	55
3.5.4. Soporte para 4 pantallas	60
3.5.5. Soporte Larguero para 5 y 10 pantallas	66
3.6. Fabricación	70
3.6.1. Planos	74
3.6.1.1. Plano Soporte Hexagonal tipo Kiosco	74
3.6.1.2. Plano de ensamble y piezas Soporte Larguero de 10 y 5 pantallas	77
3.6.1.3. Plano de ensamble y piezas Soporte Telescópico de 1 o 2 pantallas	79
3.6.1.4. Plano Soporte para 4 u 8 pantallas	81
3.6.1.5. Plano caja Universal para todos los soportes excepto soporte Kiosco y soporte para 4 u 8 pantallas	82
3.6.1.6. Plano de ensamble y piezas Soporte Tótem	84
3.6.2. Montajes	85
4. Resultados.....	88
4.1. Análisis de los resultados obtenidos	88
4.1.1. Costo	88
4.2. Interpretación de los resultados obtenidos	92
5. Conclusiones y recomendaciones	93
Bibliografía	96
Anexos	97

1. Introducción

En este trabajo se establece un proceso de diseño para soportes de pantallas LCD de información, montadas en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México el cual tiene la finalidad de evaluar aspectos fundamentales de la ingeniería en el área de manufactura y diseño, que en su momento se describe a detalle.

Es importante el hacer mención de que en este trabajo se encuentran aspectos importantes para el desarrollo de un proyecto de ingeniería, en donde se abordan los siguientes fundamentos:

- Definición de un proyecto
- Metodología en el desarrollo de un proyecto de ingeniería
- Implementación del proyecto
- Evaluación en cada una de las secciones del proyecto
- Resultados de la aplicación

Los factores mencionados son los que se consideran para el desarrollo de este trabajo, cuyo propósito es aplicar los conocimientos adquiridos en la Universidad a casos reales de la industria.

El trabajo está compuesto por cinco capítulos, de los cuales a continuación se mencionan de una forma breve.

En el capítulo 1, Introducción, se plantea la información general del contenido del proyecto a desarrollar en forma secuencial.

En el capítulo 2, La empresa: DIMITEC S.A. de C.V., se describe de manera breve la empresa en la cual laboro actualmente y que me ha permitido expresar los conocimientos adquiridos en la universidad y que a su vez me permiten observar lo aprendido y comprendido durante mi preparación profesional, en esta rama de la ingeniería.

En el capítulo 3, Diseño conceptual y diseño a detalle, se plasman cada uno de los pasos a seguir en la aplicación del diseño en un caso específico, diseño y fabricación de soportes para pantallas LCD, en donde el principal interés se encuentra en la manera de obtener tanto los requerimientos como las especificaciones e identificar específicamente el problema existente en este tipo de soportes.

Por otro lado este proceso utilizado es uno de los que satisface las características propias en la concepción del diseño dentro de las industrias.

En el capítulo 4, Resultados, se colocan algunos fundamentos para la evaluación de este proyecto para considerarse funcional de acuerdo a los requerimientos obtenidos en el capítulo anterior e interpretar adecuadamente, bajo la experiencia, los resultados que ofrece el diseño de soportes para pantallas LCD de información, y que muestra toda la secuencia evaluativa del proyecto.

En el capítulo 5, Conclusiones y recomendaciones, se generalizan las ideas principales culminadas como parte de los resultados del trabajo que dejar ver la importancia que se tiene en la preparación del estudiante en la Facultad de Ingeniería y que a su vez muestra procedimientos para que en futuras generaciones se contemplen en este tipo de trabajos bajo la fusión de la parte académica y la profesional en el campo de desarrollo, igualmente en este capítulo se ofrecen algunas recomendaciones específicas en el montaje de los soportes, que sin duda deben analizarse y ello se establece como un parámetro al momento de generar documentos de esta índole en la ingeniería.

Por último, cabe mencionar que el desarrollo de este trabajo me ha dejado muchas satisfacciones, desde el darme cuenta que los intereses académicos cambian bastante al darse cuenta que en la vida profesional debes cuidar los fundamentos de tu carrera para ser productivo en la parte laboral y las experiencias que se pasan con la generación de documentos son otros elementos que me permiten crecer aún más como ingeniero considerando que se le está dando un apoyo a la sociedad desde el punto de vista profesional y en lo educativo para mi Universidad.

2. La empresa: DIMITEC S.A. de C.V.

2.1. DIMITEC S.A. de C.V.

2.1.1. Descripción de la empresa.

Diseño, Manufactura e Innovación en Tecnología, una empresa especializada en Ingeniería de Diseño. Se maquina acero y polímeros, de acuerdo a las necesidades de clientes.

Los productos y servicios en DIMITEC brindan soluciones para los sectores industriales: electrónico, farmacéutico, embotellador y empaque, entre otros.

“La empresa DIMITEC fue fundada en 1968, por el Ing. Alfredo Sánchez Aguilera. El nombre original de la empresa era Mecánica de precisión SANROS S.A. de C.V. (Sociedad Sánchez – Ross).

En 1975 se da la separación amistosa de los socios y nace PROCESOS DE MAQUINADO METÁLICO.

En 1997 cambia su nombre a DIMITEC, S.A. de C.V. En 2003, a raíz del fallecimiento del fundador de la empresa, sube a la Dirección General su hijo, y queda como dueño del 80% de las acciones”¹

La misión de DIMITEC es elaborar piezas mecánicas de alta calidad y de uso exclusivo que el cliente requiera.

Comprometida a ser una empresa donde el trato humano sea fundamental, viendo a cualquier otro como la persona que es. La satisfacción del cliente sea lo principal y con una visión a largo plazo para poder brindar siempre lo mejor.

Diseño, Manufactura y desarrollo de productos y servicios que den soluciones de excelencia a la industria, de una forma innovadora, productiva, eficiente, competitiva y satisfactoria.

Su visión es Crecer en todos los aspectos guiándose siempre en su misión y llevándola a la práctica diariamente. Ser una empresa altamente competitiva, creativa e innovadora.

Ser una empresa reconocida por sus clientes por el valor agregado que brinda, por su calidad y garantía.

¹ Fuente: Archivos internos de DIMITEC S.A. de C.V. [Febrero de 2004]

Su filosofía es Lograr la misión creando un ambiente de confianza y comunicación. Ver el trabajo como un aporte a la sociedad y ver los resultados en la satisfacción del cliente.

2.1.2. Descripción de proyectos realizados en la empresa.

Productos y servicios

DIMITEC emplea máquinas de control numérico computarizada y de alta precisión para la manufactura. Esto permite realizar operaciones complejas de maquinado.

Las piezas son verificadas cuidadosamente para cumplir con los requerimientos, especificaciones y funcionalidad.

- “Formato para Blisteadoras. Placas de formado, placas porta punzones y placas de sellado, rodillos de sellado, rodillos de tracción, alimentadores de cápsulas y tabletas, tolvas, guías de soporte y transferencia fabricados en duraluminio, acero inoxidable y polímeros de ingeniería, con acabados para uso sanitario: pulido, electro pulido, anodizado, teflón.
- Moldes y troqueles. Moldes para termo formado de plásticos y para soplado de envases. Incluyen sistemas de enfriamiento, escape de aire o vacío.

Troqueles para corte de láminas metálicas y plásticas. Se pueden fabricar de acuerdo a sus especificaciones, así como diseñarlos de acuerdo a la forma y material de su producto final. Fabricados en duraluminio y aceros grado herramienta.

- Levas. Se fabrican levas axiales, radiales, dobles y combinadas. Las piezas pueden ser abiertas (cierre de fuerza) o cerradas (cierre de forma).
- Formatos para llenadoras, lavadoras y etiquetadoras, estrellas simples, dobles, bipartidas o segmentadas, sin fines de transferencia o entrada; guías rectas, curvas y de transferencia.
- Pernos, tornillos especiales, conectores y otras piezas torneadas.
- Husillos para extrusión de plásticos fabricados de una pieza o por segmentos.
- Columnas de aluminio o acero inoxidable.
- Estructura y soportes para stands de expos en varios tipos de acero.
- Sistemas de anclaje para suelo, bridas para tubos, mordazas, etc.
- Mobiliario y soportes para equipos de Laboratorio en acero inoxidable.

- Soportes y herrajes para estructura de vidrios del aeropuerto internacional Benito Juárez en acero inoxidable.
- Soportes para uso médico (pantallas o equipo especializado).
- Refacciones para bombas de extracción de petroquímicos.
- Refacciones para máquinas lavadoras de envases.”²



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2.1. Ejemplos de piezas que se fabrican en DIMITEC. (a) Tornillos especiales quirúrgicos para la columna vertebral, (b) ejemplos de husillos, (c) blisteadoras, (d) formatos llenadores. Archivo general de DIMITEC.

² Fuente: Archivos internos de DIMITEC S.A. de C.V. [Febrero de 2004]

2.2. Participación en la empresa.

2.2.1. Aportaciones a la empresa.

Desde mi ingreso a la empresa, las actividades que realizaba eran las de apoyo en la fabricación de soportes, estructuras y piezas específicas para laboratorios en el área de producción como por ejemplo, postes para semáforos de la línea 12 del metro, tornillos especiales para columna vertebral. Diseño de piezas y estructuras mediante software de diseño.

En Noviembre de 2011 participé durante seis meses en la fabricación de soportes de pantallas de información en el aeropuerto internacional de la Ciudad de México.

En las siguientes figuras se muestran en general los soportes de las pantallas, debido a que posteriormente se detallará cada soporte.



Figura 2.2. Soporte tipo kiosco, arreglo hexagonal.
Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.3. Soporte en línea sencillo para 5 pantallas.
Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.4. Soporte doble para piso, arreglo de 8
Pantallas. Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.5. Soporte para cuatro pantallas a piso.
Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.6. Soporte entre columnas, arreglo de 10 Pantallas. Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.7. Soporte doble a techo. Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.8. Soporte tótem a piso. Archivo general de DIMITEC.



Figura 2.9. Soporte especiales de 5 pantallas en línea Archivo general de DIMITEC.

Durante este proyecto adquirí cierta experiencia por lo que fueron incrementando las responsabilidades. He sido encargado de la fabricación, diseño, pruebas, instalación puesta en marcha, así como encargado el área de producción y calidad.

Al mismo tiempo realizaba diseños y pequeñas piezas para soportes de la línea 12 del metro, no con tanta intensidad como el proyecto del aeropuerto, puesto que al término de éste, principios de Junio del año 2012 arrancó en forma el proyecto de la línea 12 del metro, fabricando postes para semáforos, cajas telefónicas, y demás soportes para señalización. Mis tareas fueron diseñar, armar, hacer pruebas, instalar, verificar el buen funcionamiento de los soportes y de dar acabados a los diseños.

En las siguientes figuras, se muestran algunas de las piezas que forman parte de estructuras, así como algunos planos de fabricación para la Línea 12 del Metro.

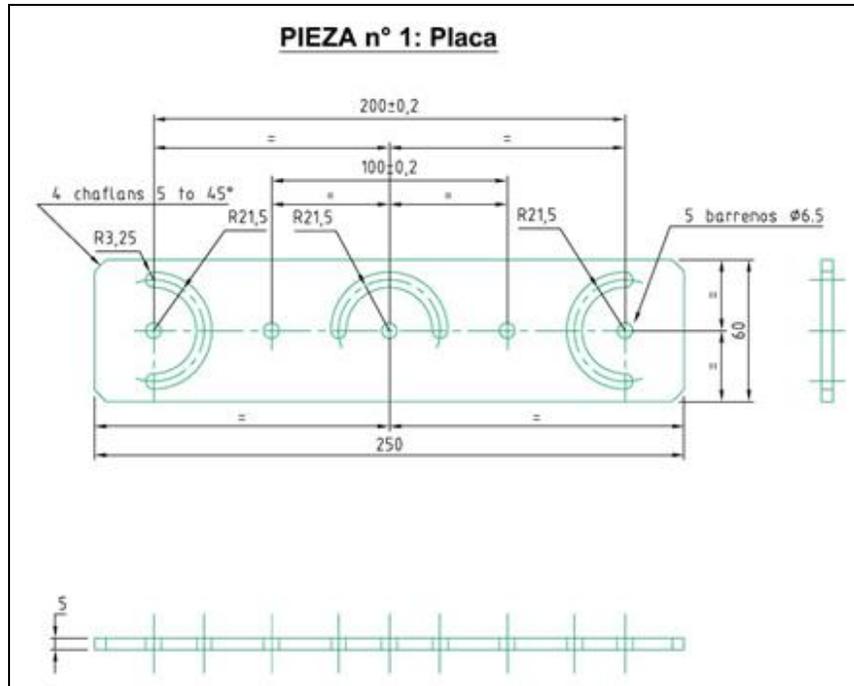


Figura 2. 10. Placa usada en antenas para soportes Indicadores de Talleres y Estaciones. Archivo interno de DIMITEC.

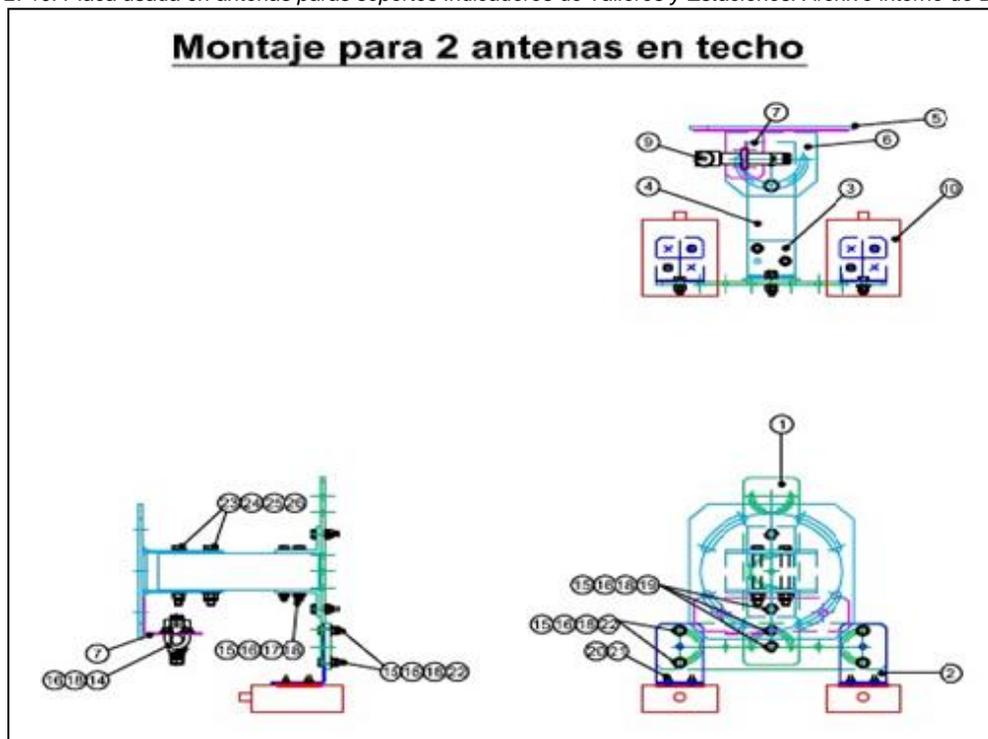


Figura 2. 11. La figura indica el plano para realizar el ensamble para 2 antenas con fijación a techo, usadas principalmente en los talleres estación, nave taller Tláhuac. Archivo interno de DIMITEC.

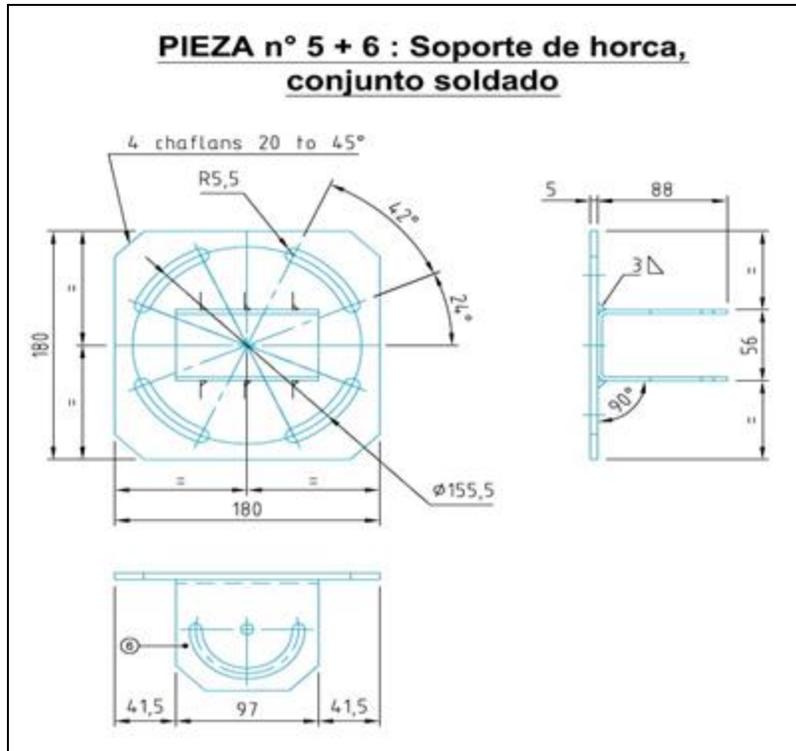


Figura 2. 12. La figura indica el plano de fabricación para un soporte de Horca, base principal del soporte empleado para la fabricación de estos soportes para la Línea 12 del Metro. Archivo interno de DIMITEC.

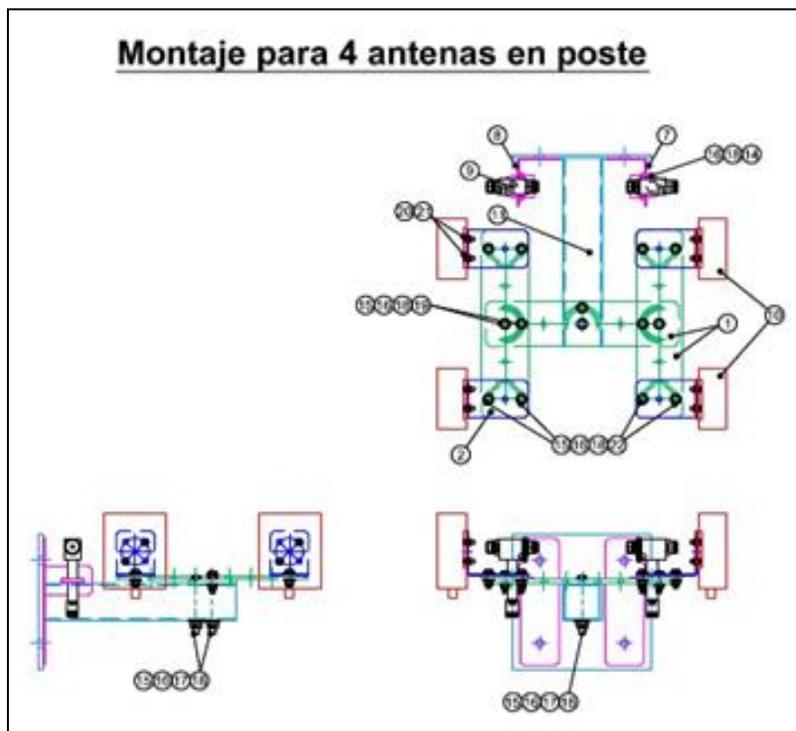
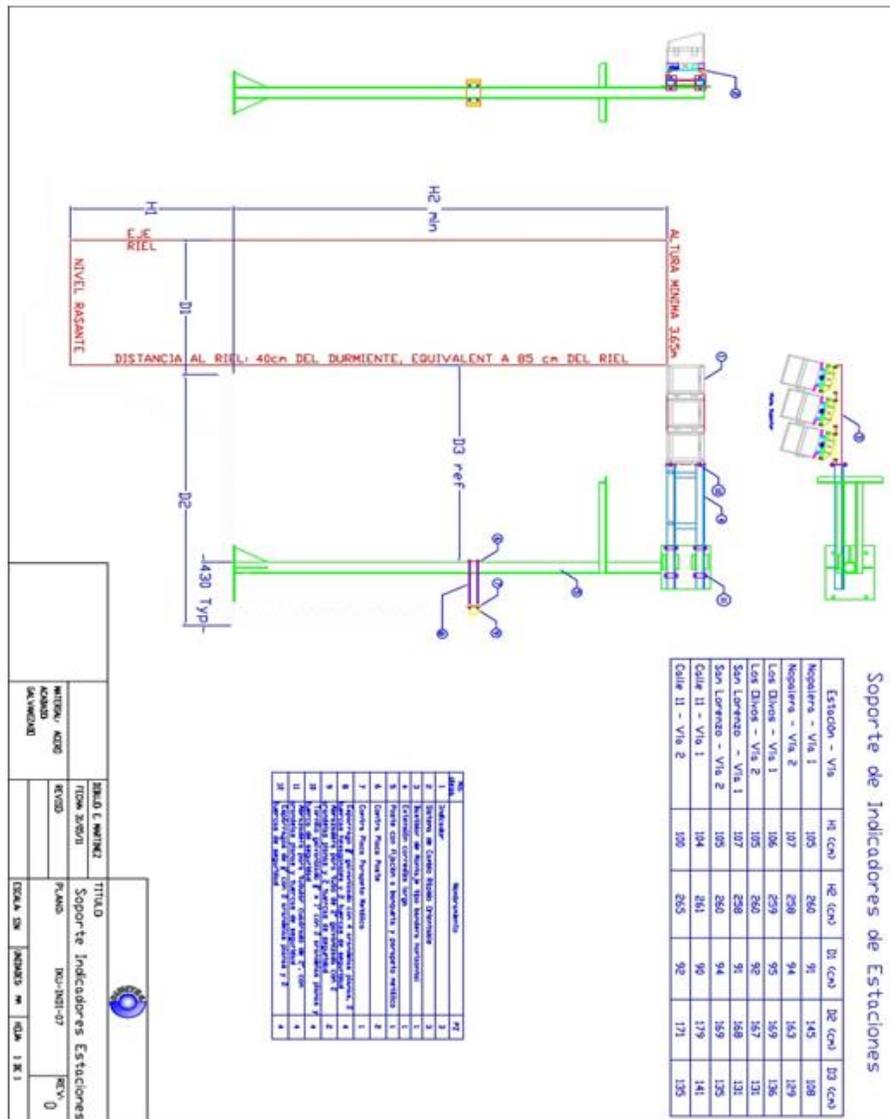


Figura 2. 13. La figura indica el plano de para realizar el ensamble para 4 antenas a poste, usadas principalmente en los talleres estación, nave taller Tláhuac. Archivo interno de DIMITEC.

Dentro del proyecto de la Línea 12 del Metro, se otorgó la supervisión de postes indicadores estaciones, los cuales son postes, dependiendo de las estaciones, con diferentes alturas.

Estos postes constan de un PTR de 4 pulgadas (10.16 cm) como pieza en común, para la señalización, dependiendo la zona, contienen diferentes soportes que a su vez establecen la fijación de señalización de semáforos o focos indicadores.

A continuación se muestra un plano de un poste indicador de estaciones en particular, el donde se muestra que este soporte es para ocho estaciones de la Línea 12 del Metro.



En Septiembre del 2012, mientras seguía en curso el proyecto de la línea 12 del metro, surgieron, dentro de éste, otros proyectos, los cuales se me fueron asignados: Soporte para fibra óptica, el cual lograba contener en forma de rollo la fibra óptica, en la siguiente figura se muestra el plano realizado para este soporte.

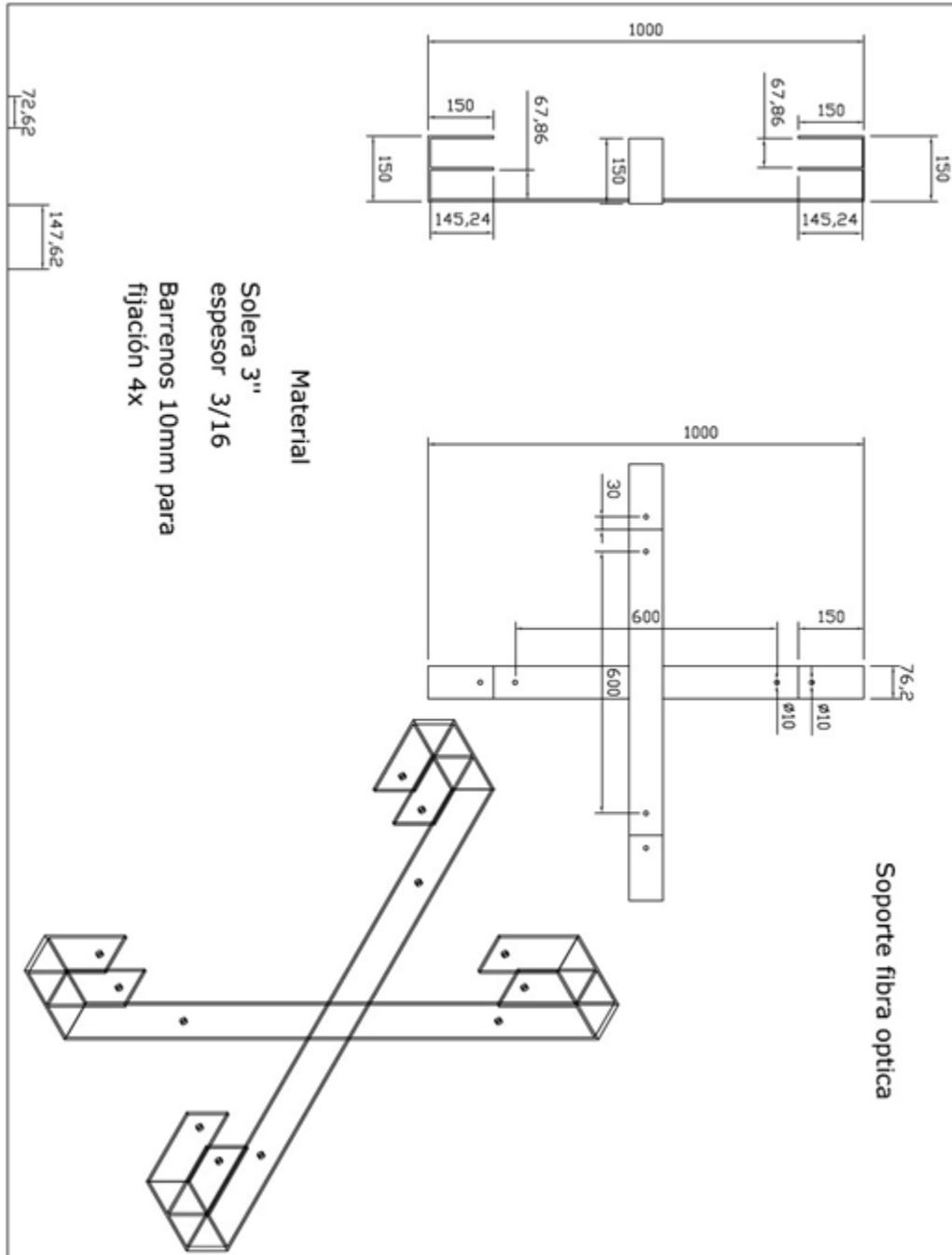


Figura 2. 15. Plano que muestra la fabricación de Soportes para fibra óptica. Plano realizado en AUTOCAD 2010. Archivo interno de DIMITEC

Platinas; las cuales son diseños de placas de acero inoxidable tipo 304 con acabado pulido espejo, con botoneras y bocinas, para la comunicación entre talleres, túneles y estaciones del metro, estas tienen las siguientes funciones:

- Platina TD Centro de comunicaciones.
- Platina TD Regulador de tráfico.
- Platina TD Jefe de reguladores.
- Platina TD Puesto de Maniobras local.
- Platina TD Puesto de Maniobras taller.
- Platina TD SEAT.

A continuación se muestra en la siguiente figura un ejemplo de las platinas cuya función es regular el tráfico;

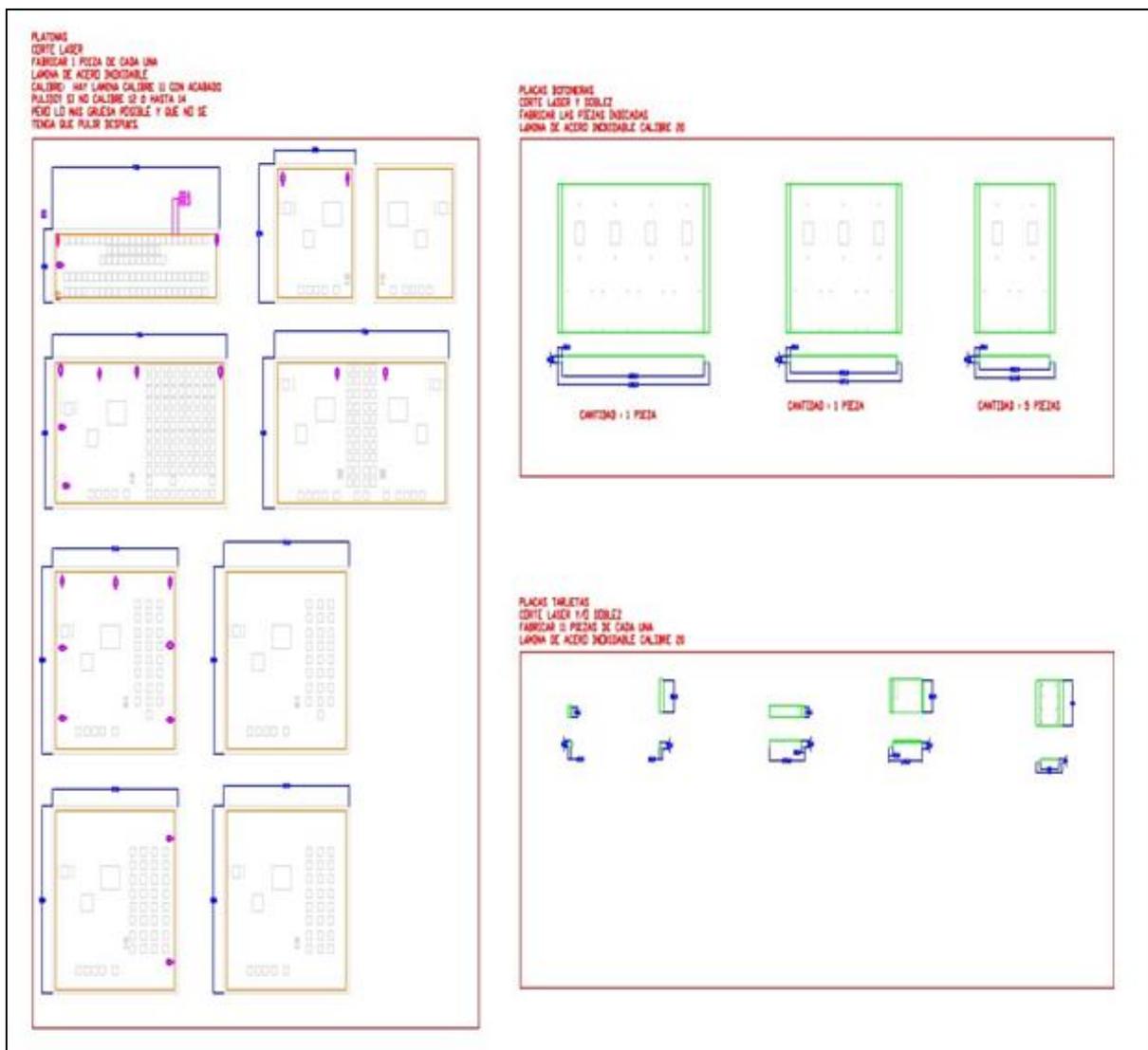


Figura 2. 16. Platina TD Regulador de Trafico. Plano realizado en AUTOCAD 2010. Archivo interno de DIMITEC.

Soportes para cajas telefónicas dentro de túneles y estaciones del metro (estas cajas contienen teléfonos que usan los operadores para comunicarse con su centro de control).

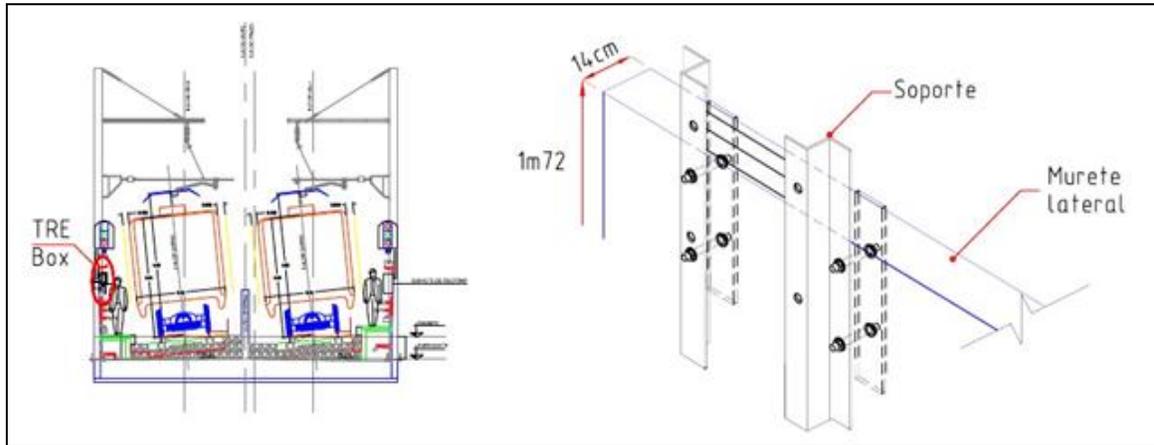


Figura 2. 17. Soportes para cajas telefónicas a muro dentro de túneles del metro. Plano realizado en AUTOCAD 2010. Archivo interno de DIMITEC.

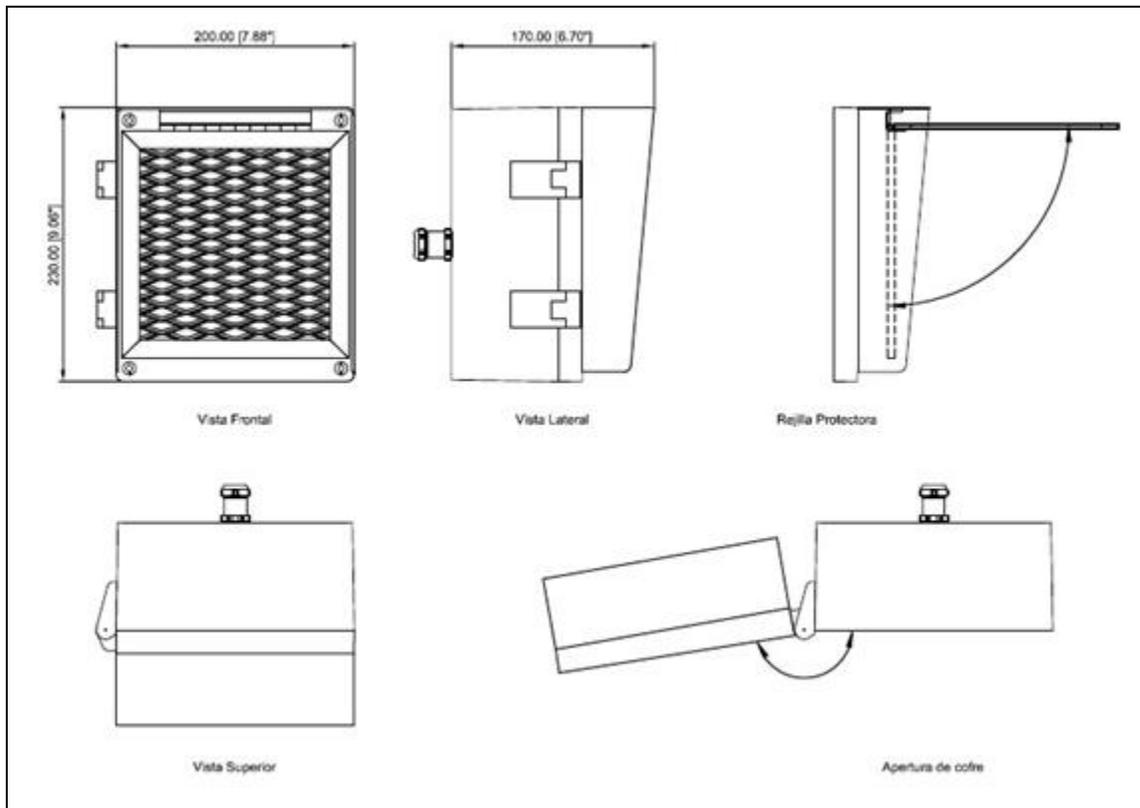


Figura 2. 18. Cajas telefónicas que van a los soportes a muro dentro de túneles del metro. Plano realizado en AUTOCAD 2010. Archivo interno de DIMITEC.

Actualmente laboro en el área de diseño y producción como ingeniero de diseño. Esto es rediseñando equipos en base a las especificaciones del cliente, seleccionando y decidiendo la cantidad de material a ocupar, todos los componentes de un proyecto y supervisando su fabricación, pruebas y calidad. Así mismo participo en el desarrollo tecnológico de la empresa generado ideas para el diseño de nuevas piezas de máquinas en diferentes áreas.

2.2.2. Aplicación de conocimientos en la empresa

Durante la preparación como ingeniero mecánico en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. se ofrecen conocimientos fundamentados en las aplicaciones a niveles industriales que me han permitido aplicarlos en ciertos aspectos en esta empresa.

Se ha encontrado que en el desarrollo de los proyectos en DIMITEC S.A. de C.V. se aplican los conocimientos de las siguientes áreas de la ingeniería:

1. Ciencias básicas.
2. Ciencias de la ingeniería.
3. Ciencias de la ingeniería aplicada.

En cada uno de los proyectos que se realizan se aplican directamente temas aprendidos de las asignaturas de la División de Ciencias Básicas como por ejemplo: Estática, Mecánica de materiales, para el diseño de las estructuras como se observa en la figura, es necesario hacer un análisis de fuerzas.

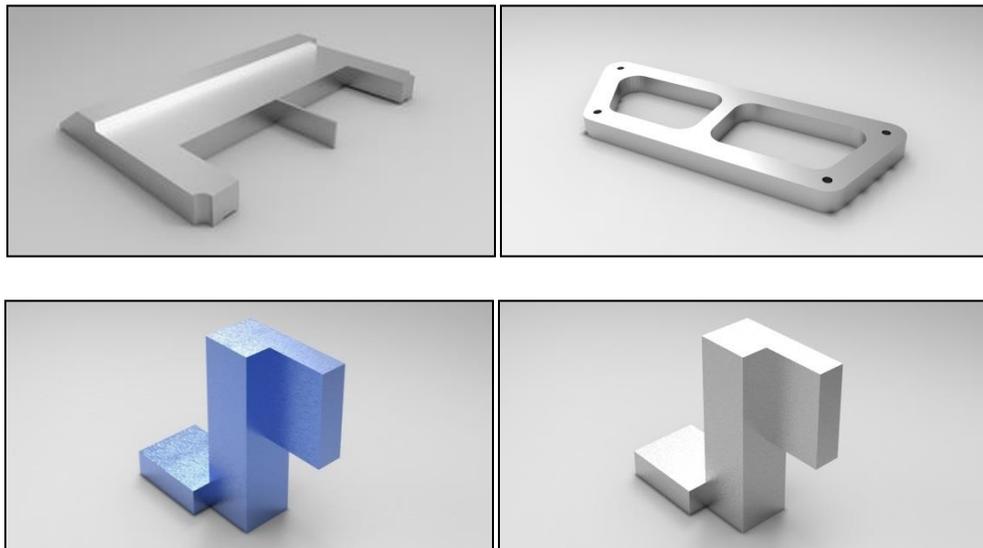
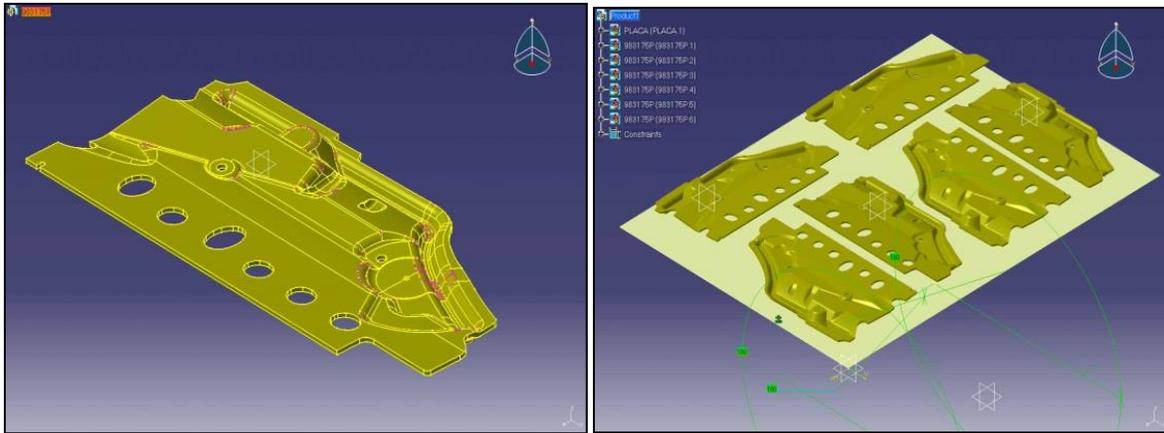


Figura 2. 20. Renders de piezas de soportes. Archivo personal del área de Diseño y producción de DIMITEC.

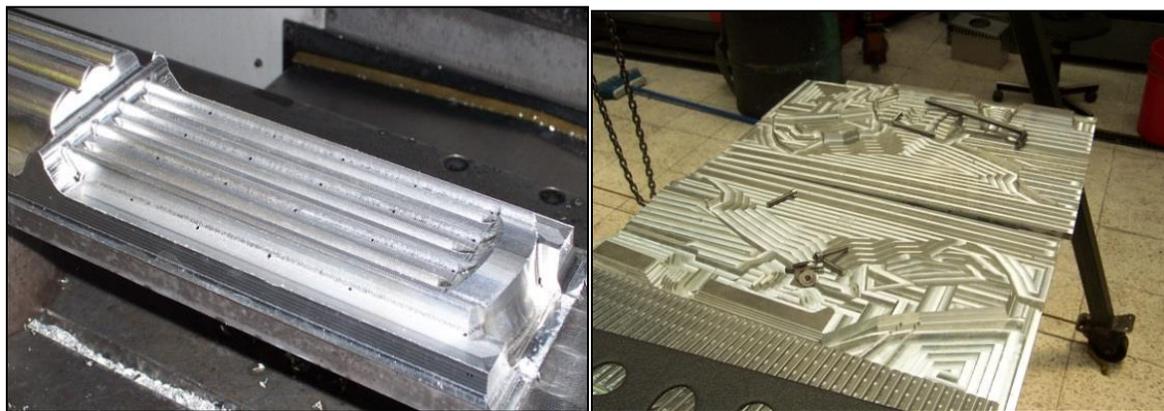
Asignaturas como, Mecánica de sólidos Ciencia de materiales, son aplicadas en el diseño y desarrollo de soportes, así como la Instrumentación y Control para modificar y optimizar el control de las máquinas en DIMITEC.

Antes de fabricar un molde de termo formado es necesario modelarlo en tres dimensiones para visualizar el acomodo de los componentes. En la empresa se utiliza software de diseño para modelar los moldes por el método de ensamble aprendido en las materias del módulo de ciencias de la ingeniería aplicada. En la siguiente figura se aprecia el ensamble y análisis de moldes de termo formado.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 2.21. Ejemplos de moldes que se fabrican en DIMITEC. (a) Y (b) pieza elaboradas en CAD de diseño, (c) y (d) molde fabricado. Archivo general de DIMITEC.

Además la asignatura de Diseño de Elementos de Máquinas para el diseño y fabricación de levas.

En la figura 2.22 se observa una leva austral utilizada para una máquina modelado con software de diseño asistido por computadora.

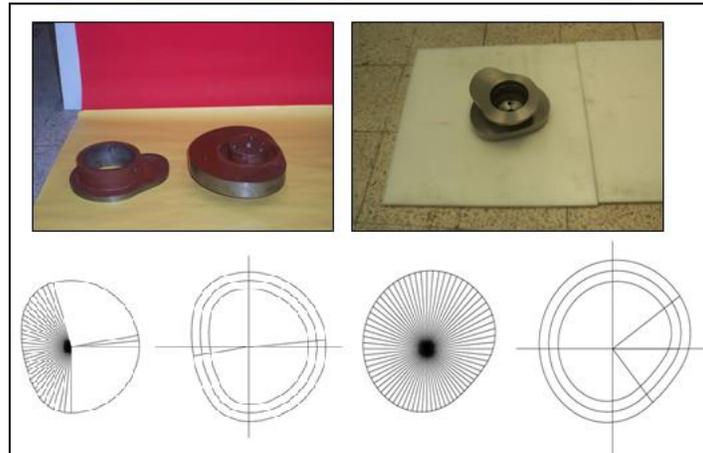


Figura 2.22. Modelo de leva austral, Leva 65-1337, la imagen muestra el ascenso y descenso. Archivo personal del área de Diseño y producción de DIMITEC.

3. Diseño y fabricación de soportes para pantallas LCD.

3.1. Definición del proyecto.

3.1.1. Necesidades.

Se necesita un equipo que se pueda transportar en un automóvil, que pueda colocarse con aceptación en el mercado, de rápida fabricación y de buena visualización, así como de un buen funcionamiento.

Estas necesidades surgen a consecuencia de una mejora de los soportes prototipos existentes y de los soportes de la competencia, a un aumento de las ventas creando un soporte nuevo a partir del prototipo antes realizado.

Según Gómez - Senent³, en el campo industrial las necesidades que dan origen a un proyecto de ingeniería son consecuencia de:

- Una disminución de los beneficios o un descenso en las ventas del producto.
- Una mejora de los productos de la competencia por su mayor calidad o su menor precio.
- La aparición de nuevos procesos de fabricación, nuevos sistemas o mejora de las existentes.
- Un aumento de las ventas o de los beneficios que aconseja abrir nuevos mercados, diversificar productos o crear otros nuevos.

3.1.2. Aspectos importantes por lo que se requiere el diseño de los nuevos soportes

- Fácil transportación
- Fácil operación
- Fabricación rápida
- Tamaño adecuado
- Movilidad
- Bajos costos

³ “Cuadernos de ingeniería: Del diseño de detalle a la realización”. Escrito por Eliseo Gómez Senent Martínez, Miguel Ángel

Sánchez Romero, María Carmen González Cruz, Ma. Carmen González Cruz

3.1.3. Requerimientos.

Se entiende por requerimiento aquello con lo que debe cumplir un sistema para su funcionamiento.

Las demandas son requerimiento, los deseos también son requerimientos los cuales deben ser tomados en consideración en la medida de lo posible.

3.1.4. Identificación de requerimientos.

Previo a hacer una lista de requerimientos es de mucha utilidad hacer uso de un esquema que contenga el tipo de requerimiento y algunos ejemplos como el mostrado en la siguiente tabla.

TIPO DE REQUERIMIENTO	EJEMPLO
Geometría	Tamaño, peso, ancho, longitud, diámetro, espacio requerido.
Fuerzas	Dirección de las fuerzas, magnitud, frecuencia, carga, rigidez.
Materiales	Propiedades físicas y químicas.
Seguridad	Seguridad del sistema, operacional y ambiental.
Producción	Limitaciones de fabricación, métodos de fabricación.
Control de calidad	Pruebas y mediciones, aplicación de estándares.
Ensamble	Instalación y cimientos.
Transporte	Limitaciones de la entrega, medios de transporte.
Mantenimiento	Inspección, reparaciones, limpieza.
Costos	Costo máximo de manufactura, inversión y depreciación.
Entrega	Planeación del proyecto, fecha de entrega.

Tabla 3.1. Ejemplo de identificación de requerimientos. Archivo de Diseño y producción de DIMITEC S.A. de C.V.

Una vez que se cuente con este esquema hay que identificar los requerimientos de nuestro proyecto y acomodarlos por tipo y relevancia en una lista como se muestra en la siguiente tabla.

REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN
Dimensiones	Dependiendo del lugar en donde se requiera el soporte
Materiales	Resistente a la oxidación, fabricación de acero inoxidable acabado pulido espejo. De aquí que se establecen la fijación y ensamble, puesto que la tornillería también debe ser resistente a la oxidación: en la mayoría de la fijación y ensamble se usa tornillería inoxidable, con excepciones de que se requiera usar tornillería de alta resistencia, se le puede dar un recubrimiento galvanizado por inmersión.
Producción	Fabricado en un máximo de 6 meses
Transporte	Camioneta de 3 ½ toneladas
Mantenimiento	Revisión del montaje los primeros 3 meses y después cada año.

Tabla 3.2. Tabla de requerimientos. Archivo de Diseño y producción de DIMITEC S.A. de C.V.

3.2. Planteamiento del proyecto.

En el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se ha encontrado que los soportes de pantallas presentan un deterioro de cierto tiempo de uso, en algunas partes de la sujeción, presentan oxidación, para ello se genera una alternativa de rediseño que nos traerá beneficios en cuanto a sujeción, montaje de pantallas, ahorro de espacio y una mejor vista.

Los soportes referidos a continuación son para instalar pantallas de información en la terminal 1 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Se consideran diferentes configuraciones en número de pantallas y en forma de montaje, todas a partir de una caja y/o placa especial para colocar la pantalla, universal.

A continuación se describe en forma general los soportes de pantallas hechos para el Aeropuerto.

3.2.1. Soporte Hexagonal Tipo Kiosco.

Soporte fabricado de acero inoxidable. La estructura está preparada para la fijación a techo y se pueden fijar 6 pantallas formando un arreglo hexagonal tipo KIOSKO.

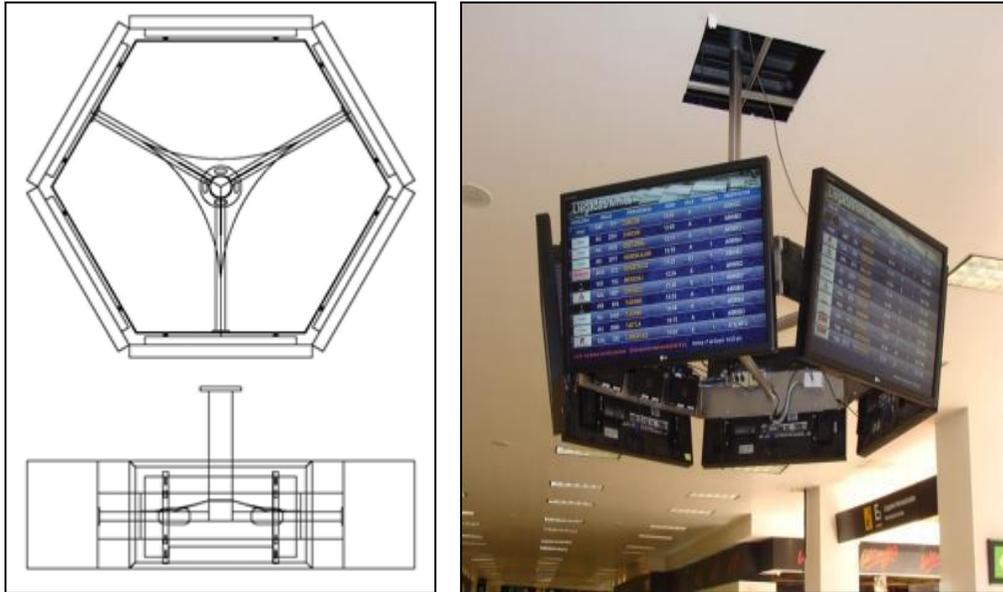


Figura 3.1. Soporte hexagonal tipo kiosco. Archivo interno de DIMITEC.

3.2.2. Soporte Larguero (para 5 y 10 pantallas).

Se consideran diferentes configuraciones en número de pantallas y en forma de montaje, todas a partir de un Larguero Universal.

Soporte fabricado de acero tipo A 36 recubierto con pintura anticorrosiva. La estructura está preparada para la fijación a techo, a muro y entre columnas. Se pueden fijar 5 o 10 pantallas formando un arreglo de 5 pantallas y arreglo de 10 pantallas.



Figura 3.2. Soporte Larguero para 5 o 10 pantallas, en la imagen es el caso de 5 pantallas con sujeción a techo. Archivo interno de DIMITEC.

3.2.3. Soporte para 4 pantallas.

Se consideran diferentes configuraciones en número de pantallas, todas a partir de una estructura en forma de “Travesaño” universal.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304. La estructura está preparada para la fijación a piso. Se pueden fijar 4 u 8 pantallas a través de un bastidor contenido en el travesaño.

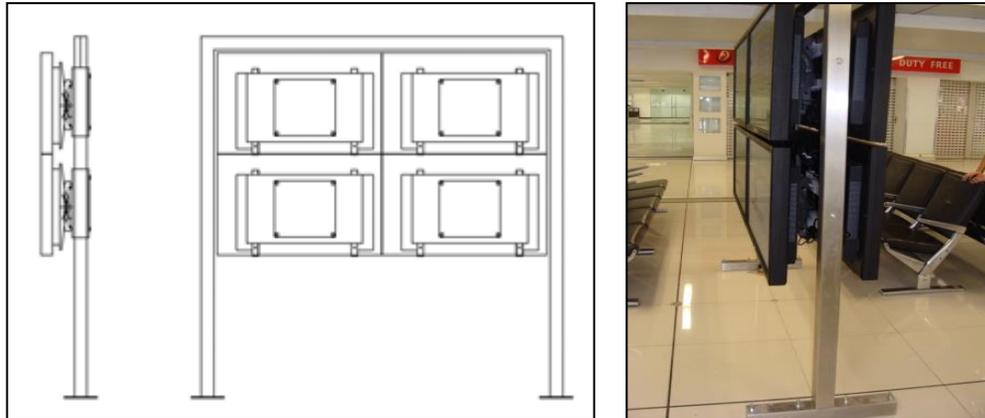


Figura 3.3. Soporte para 4 pantallas, en la imagen de la derecha, es el caso de las 8 pantallas. Archivo interno de DIMITEC.

3.2.4. Soporte Tótem.

Se consideran una sola configuración en número de pantallas y montaje, todas a partir de una caja y estructura.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304, acero tipo A36 recubierto de pintura anticorrosiva.



Figura 3.4. Soporte TOTEM. Archivo interno de DIMITEC.

3.2.5. Soporte Telescópico para 2 pantallas.

Se consideran una sola configuración en número de pantallas y montaje, todas a partir de una caja y estructura.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304, acero tipo A36 recubierto de pintura anticorrosiva.



Figura 3.5. Soporte Telescópico para dos pantallas. Archivo interno de DIMITEC.

3.3. Diseño conceptual.

“Un concepto es una descripción de la forma, función y características de un producto, y por lo general se acompaña de un conjunto de especificaciones, un análisis de productos competitivos y una justificación económica del proyecto”.⁴

El diseño conceptual se puede denominar *proceso de arranque*. El proceso de arranque por lo general contiene muchas actividades relacionadas entre sí, ordenadas, tal como se muestra en el siguiente diagrama:



Diagrama 3.1. Modelo de caja negra con las diversas actividades iniciales que comprenden la fase del desarrollo del concepto.

⁴ Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger. “Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario”, tercera edición. Mc Graw Hill

En el diagrama 3.1, dentro del control de flujo, tenemos las siguientes tareas que se realizaron en el proyecto: primero de realizar un análisis económico; aproximadamente la cantidad de materiales que se usarían (teniendo en cuenta ideas del diseño de los soportes), segundo construir y probar modelos y prototipos.

De aquí que surgen nuevas actividades siguiendo el modelo de la caja negra.

Se identifican las necesidades del cliente, las más importantes el de soportes sencillos, de fácil colocación, de acero inoxidable con acabado espejo, y de un diseño innovador que permita ocultar cajas de control, así como cables que utilizan las pantallas.

Se establecieron especificaciones en base a un levantamiento realizado en la terminal 1 del Aeropuerto; dimensiones, ubicación, etc.

Se generaron conceptos de producto; dependiendo la sujeción de los soportes se fue definiendo el diseño, por ejemplo, para los soportes largueros de 5 ó 10 pantallas, dependiendo su ubicación se diseñó un soporte especial para cada ubicación. El objetivo de la generación del concepto es explorar a fondo el espacio de los conceptos de producto que se pudieran involucrar con las necesidades del cliente; esto incluye una investigación externa, resolución de problemas de los soportes. El resultado se representó cada soporte por un boceto y un texto descriptivo breve.

A partir de generar conceptos, se seleccionaron estos conceptos de producto, es decir, se seleccionó diferentes tipos de soportes dependiendo su ubicación teniendo en cuenta que todos los diseños se deben basar de una idea universal; ya sea la caja universal que contiene el control de la pantalla o de la placa que soporta la pantalla, para todos los soportes se seleccionaron cuidadosamente conforme a su ubicación y requerimientos de pantallas. En esta actividad se analizó y eliminó de manera consecutiva diversos conceptos de producto para identificar los más prometedores.

En la figura 3.6, 3.7 y 3.8 se muestran un ejemplo del soporte y sus diferentes sistemas de fijación debido a su ubicación.

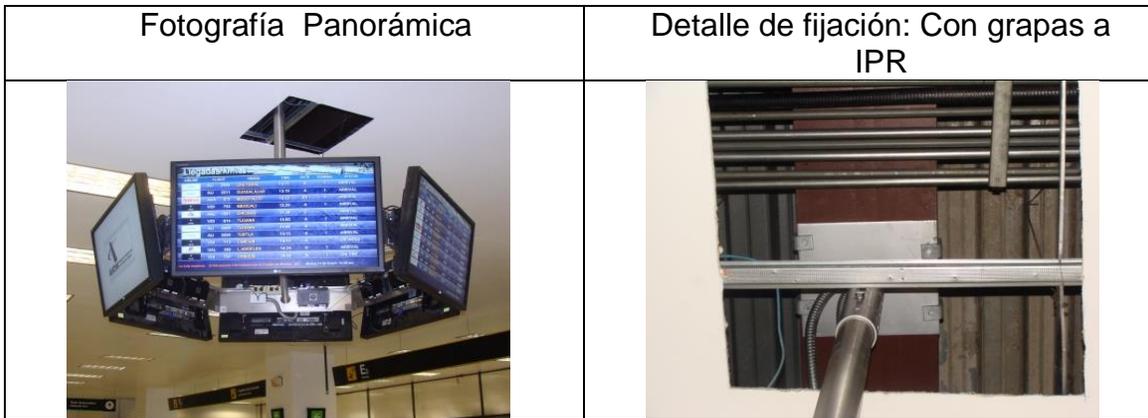


Figura 3.6. Soporte hexagonal tipo kiosco, diseñado para fijación a techo a IPR por medio de grapas de acero.

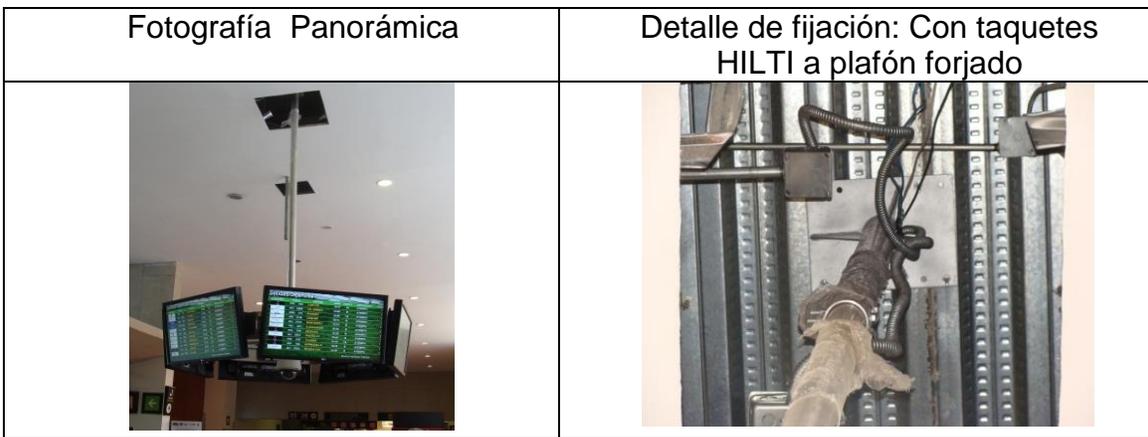


Figura 3.7. Soporte hexagonal tipo kiosco, diseñado para fijación a techo a plafón forjado, anclado con taquetes HILTI.

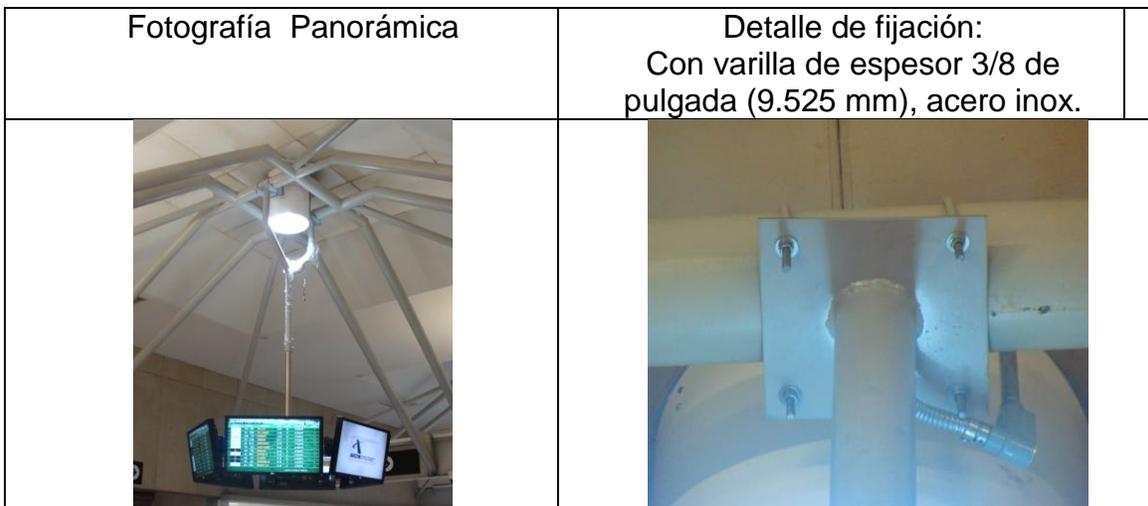


Figura 3.8. Soporte hexagonal tipo kiosco, diseñado para fijación a techo a estructura tubular, la fijación mediante un soporte en forma de Y en su extremo una placa que a su vez abraza a la estructura tubular mediante varillas de acero inoxidable 304 de 3/8 de pulgada.

A continuación se probaron los conceptos antes seleccionados, estableciendo las especificaciones finales en cuantos espesores de estructuras, calibres del acero, tipo de soldadura, las dimensiones de barrenos, el tipo de tornillería, etc. Las especificaciones objetivo establecidas anteriormente se vuelven a examinar después de que se ha seleccionado y probado el concepto. En este punto nuestro equipo se comprometió con los valores específicos de las mediciones que reflejan las restricciones del producto, las limitaciones identificadas durante el modelado técnico y los equilibrios entre costo y desempeño.

Por último, se planeó un desarrollo descendente del proyecto lo que nos introdujo a elaborar el plan de desarrollo. Aquí se creó un calendario detallado de desarrollo, lo cual nos ayudó para crear una estrategia para reducir al mínimo el tiempo de desarrollo e identificar los recursos requeridos para completar el proyecto.

Los resultados más importantes de las actividades de arranque se incluyeron en una bitácora que contiene la misión, las necesidades del cliente, los detalles del concepto seleccionado, las especificaciones del producto, el análisis económico del producto, el calendario de desarrollo, el personal del proyecto y el presupuesto.

En general, en la fase de diseño de concepto, se identificaron las necesidades del mercado objetivo, se generaron y evaluaron conceptos de productos alternativos, y se seleccionaron uno o más conceptos (soportes) para desarrollo y prueba.

La tabla 3.3 identifica las actividades y responsabilidades fundamentales de las diferentes funciones de la organización durante cada fase del desarrollo.

Tabla 3.3. Se muestran las tareas y responsabilidades de las funciones clave hechas en DIMITEC.

Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño a nivel sistema	Fase 3: Diseño de detalles	Fase 4: Pruebas y refinamiento	Fase 5: Producción
Mercadotecnia					
Se articuló la oportunidad de mercado	Se obtuvieron las necesidades del cliente	Se desarrolló un plan para opciones de producto y familia extendida de productos	Elaboración de un plan de mercado	Se desarrolló un catálogo materiales de promoción y lanzamiento	Se puso la primera producción a disposición de clientes clave
Se definieron los segmentos de mercado	Se identificaron a los usuarios líder	Se fijaron los puntos de precio de ventas objetivo		Se obtuvo la prueba en campo	
	Identificar los productos competitivos				
Diseño					
Considerar la plataforma del producto	Se investigó la factibilidad de los conceptos del producto	Se generó arquitectura alternativas del producto	Se definió la geometría de las partes	Se hizo una prueba de duración	Se evaluó el resultado de la primera producción
	Desarrollar conceptos de diseño industrial	Definir los subsistemas principales	Se eligieron los materiales dependiendo el soporte	Prueba de desempeño	
	Construir y probar prototipos experimentales	Refinar el diseño industrial	Asignar tolerancias	Implementar cambios de diseño	
Manufactura					
Identificar las restricciones de los soportes	Calcular los costos de manufactura	Identificar a los proveedores	Definir los procesos de producción de las partes de los soportes	Facilitar el arranque del proveedor	Comenzar la operación de todo el sistema de producción
	Valorar la factibilidad de la producción	Definir el esquema de ensamble final	Diseñar o seleccionar el herramental	Depurar los procesos de fabricación y ensamble	
		Establecer los costos	Definir los procesos de calidad	Depurar los procesos de calidad	

3.4. Diseño a detalle.

“El diseño a detalle incluye la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes que sean únicas en el producto, y la identificación de todas las partes estándar que se van a adquirir de los proveedores. Se establece un plan de proceso y se designa el herramental para cada parte que se va a fabricar dentro del sistema de producción. El resultado de esta fase es la documentación de control para el producto, los archivos de computadora o dibujos que describen la geometría de cada parte y su herramental de producción, las especificaciones de las partes adquiridas, y los planes de proceso para la fabricación y ensamble del producto. En esta fase de diseño de detalle se abordan los puntos de costos de producción y la confiabilidad del desempeño.”⁵

A continuación se describirá detalladamente cada soporte de pantallas para el Aeropuerto.

3.4.1. Soporte hexagonal tipo Kiosco.

Descripción general.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304. La estructura está preparada para la fijación a techo y se pueden fijar 6 pantallas formando un arreglo hexagonal tipo KIOSCO.

El soporte consta de placas de acero inoxidable tipo 304, de espesor 3/16 de pulgada (4.762 mm) que se ensamblan entre sí por medio de clips formando un hexágono.

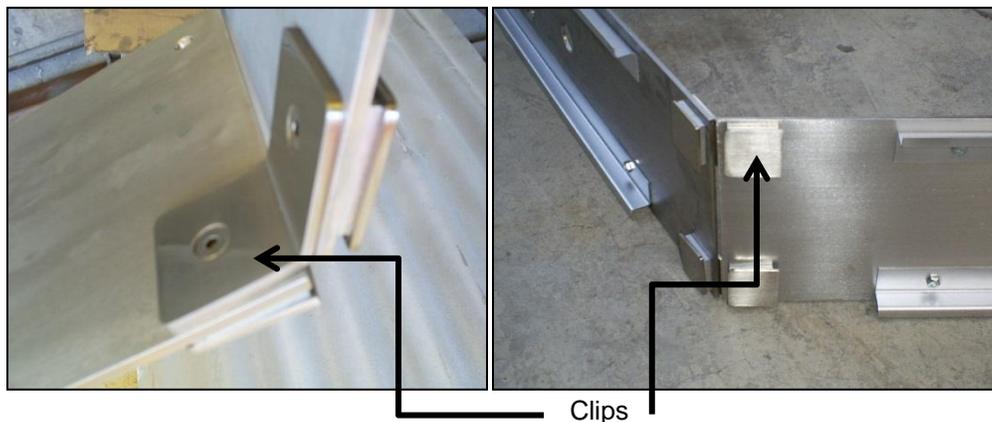


Figura 3.9. La figura muestra los clips que unen las placas.

⁵ Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger. "Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario", tercera edición. Mc Graw Hill

Estas placas contienen ángulos para la fijación de las pantallas, las cuales utilizan soportes basculantes que permiten la inclinación de las pantallas.

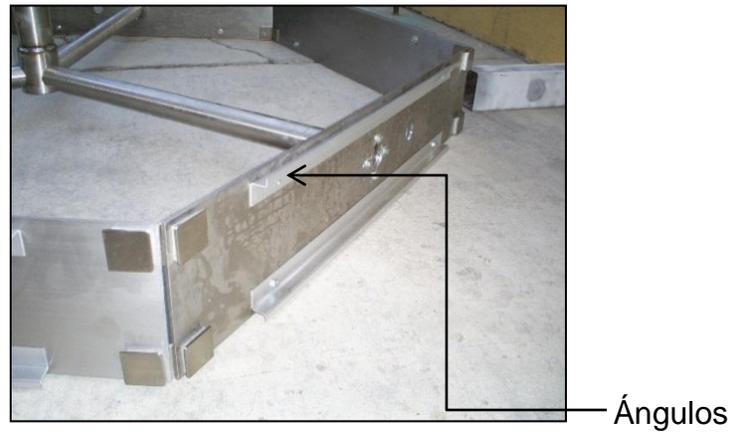


Figura 3.10. La figura muestra las solera de acero inoxidable tipo 304 dobladas de forma de Z. Cada placa contiene dos soleras (Ángulos), teniendo un total de 12 soleras.

Las placas contienen 3 tubulares de acero inoxidable tipo 304 de diámetro exterior de 2 pulgadas (50.8 mm) orientados al centro de la estructura hacia una brida donde se forma el arreglo.



Figura 3.11. La figura muestra los tres tubulares de acero inoxidable que se unen mediante una brida en uno de sus extremos y del lado contrario a la placa.

Dicha brida se fabricó en tornos y CNC. En la parte superior de la brida, se fija un tubular de acero inoxidable tipo 304 de diámetro exterior de 3 pulgadas (76.2 mm) para el montaje a techo.



Figura 3.12. Brida. Fabricada en acero inoxidable tipo A 304.



Figura 3.13. La figura muestra parte de la fabricación de la brida en un torno.

Materiales

- Placas de acero inoxidable tipo 304, espesor 3/16 de pulgada (4.762 mm).
- Clips con recubrimiento anticorrosivo para la unión de las placas.
- Ángulos de acero al carbono con pintura anticorrosiva para la fijación de los soportes basculantes de las pantallas.
- Tubulares de acero inoxidable tipo 304 de 2 pulgadas (50.8 mm) calibre 14 (espesor 2.1mm).
- Brida de acero inoxidable tipo 304.
- Tubular de acero inoxidable tipo 304 de diámetro exterior de 3 pulgadas (76.2 mm).

Montaje

Para el montaje de este soporte se empleará estructura combinada de acero al carbono recubierta de pintura anticorrosiva, de forma telescópica.

Esta estructura está montada a techo mediante anclajes HILTI o grapas de acero.



Figura 3.14. La figura muestra el soporte diseñado para la sujeción a techo, en este caso a plafón forjado

El uso de anclajes HILTI es para el montaje de plafón forjado y las grapas de acero para montaje a IPR.

Los anclajes HILTI, son anclajes mecánicos cuyas características son: cuerda extra larga para una mayor flexibilidad, rolado en frío para un mejor desempeño y sección de impacto para prevenir el daño en las cuerdas durante su instalación.

Sus aplicaciones son para fijación de racks, fijación para rieles de elevadores, fijación de placa base para escaleras y para fijación de fachadas integrales. Usa como material base el concreto.

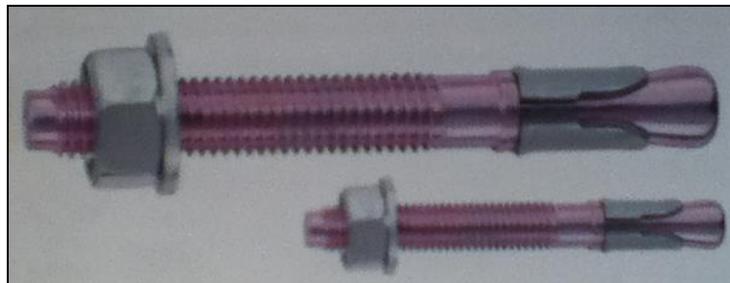


Figura 3.15. Anclaje mecánico usado para la fijación de los soportes a plafón forjado

Dependiendo las dimensiones de los soportes, la tabla siguiente muestra las dimensiones usadas de los anclajes, así como sus propiedades mecánicas.

Tabla 3.4. Propiedades mecánicas de los anclajes. Ver apartado de Anexos.

Descripción	Cargas permisibles en concreto f'c=3000 psi			
	Tracción		Corte	
	<i>kg</i>	<i>lb</i>	<i>kg</i>	<i>lb</i>
HSV 3/8 de pulgada (9.525 mm) x 3 3/4 pulgadas (95.25 mm)	492	1085	417	920
HSV 1/2 pulgada (12.7 mm) x 4 1/2 pulgadas (114.3 mm)	694	1530	766	1690

En algunos casos, el montaje del soporte se realiza mediante una estructura tubular en forma de “Y” de acero recubierta de pintura anticorrosiva, la cual es de forma telescópica en su parte inferior para la fijación del soporte tipo KIOSCO y en su parte superior se monta con varillas en forma de “U” de acero inoxidable tipo 304.

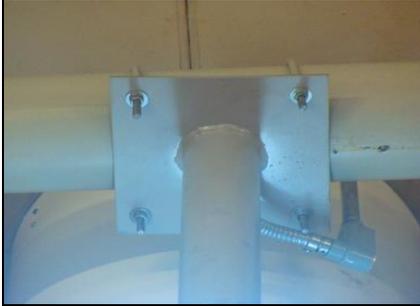


Figura 3.16. Montaje especial del soporte hexagonal.

3.4.2. Soporte Larguero (para 5 o 10 pantallas).

Descripción general

Se consideran diferentes configuraciones en número de pantallas y en forma de montaje, todas a partir de un Larguero Universal.

Soporte fabricado de acero tipo A 36 recubierto con pintura anticorrosiva. La estructura está preparada para la fijación a techo, a muro y entre columnas. Se pueden fijar 5 o 10 pantallas formando un arreglo de 5 pantallas y arreglo de 10 pantallas.



Figura 3.17. La imagen muestra el larguero recubierto con pintura horneada.

El soporte consta de un PTR de 4 pulgadas (101.6 mm) de acero tipo A36 el cual contiene por uno de sus lados ángulos para la fijación de las pantallas, las cuales utilizan soportes basculantes que permiten la inclinación de las pantallas.

En un caso particular, el PTR de 4 pulgadas (101.6 mm) contiene en ambos lados estos ángulos para la fijación de 10 pantallas, es decir un arreglo doble.

En el caso del montaje entre columnas, el soporte se monta con un PTR de 3 pulgadas (76.2 mm) de acero tipo A36 para colocar dos largueros: uno anterior y uno posterior, cada uno con 5 pantallas, de manera que el arreglo final del soporte contiene 10 pantallas.

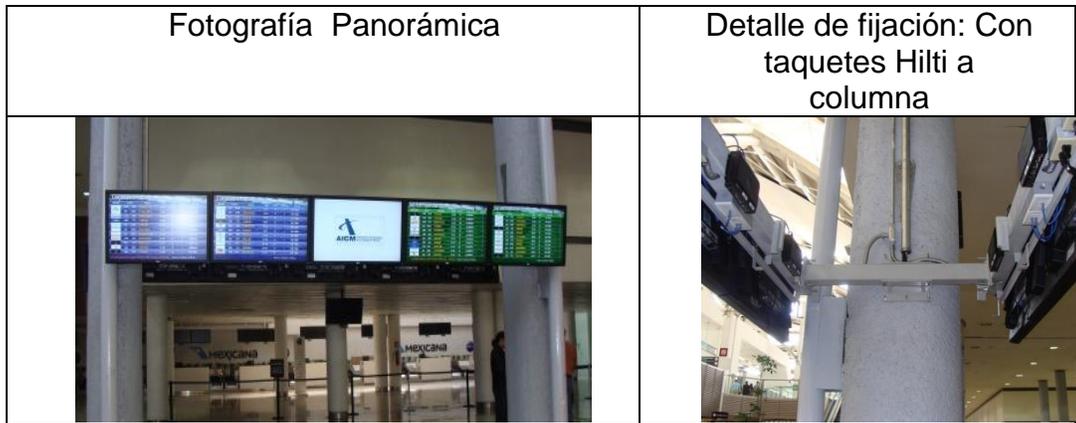


Figura 3.18. Montaje especial del soporte larguero para 10 pantallas.

El PTR de 3 pulgadas (76.2 mm), se sujeta a una placa, la cual se monta a la columna mediante anclajes HILTI.

Otro caso particular es el arreglo de 5 pantallas montado entre columnas de acero, el cual se monta mediante placas a dichas columnas de acero.



Figura 3.19. Montaje especial del soporte larguero para 5 pantallas. La columna es de acero, por lo que se usaron tornillería de alta resistencia con rondanas planas y de presión, así como tuercas inoxidable.

Materiales

- 1 PTR de 4 x 4 pulgadas (101.6 mm) de acero tipo A 36 con recubrimiento de pintura anticorrosiva.
- Perfiles C 200 con recubrimiento de pintura anticorrosiva.
- Perfiles R 200 con recubrimiento de pintura anticorrosiva.
- 2 Tubulares de acero de 3 pulgadas (76.2 mm).
- Placas de acero tipo A36 con recubrimiento de pintura anticorrosiva.

- Ángulos de acero al carbono con pintura anticorrosiva para la fijación de los soportes basculantes de las pantallas.
- Tubulares de acero tipo A36 con diámetro exterior de 3 pulgadas (76.2 mm) con recubrimiento de pintura anticorrosiva.
- PTR de 3 pulgadas (76.2 mm) de acero tipo A36 con recubrimiento de pintura anticorrosiva.

Montaje

Para el montaje de este soporte se empleará estructura de acero al carbono recubierta de pintura anticorrosiva, de forma telescópica.

El soporte montado a techo, es mediante grapas de acero. El uso de grapas de acero es para montaje a IPR.

En estos soportes, el montaje se realiza mediante un tubular o PTR de acero recubierto de pintura anticorrosiva, la cual es de forma telescópica en su parte inferior para la fijación del soporte Larguero y en su parte superior se monta con placa sujeta con grapas a IPR.



Figura 3.20. Montaje especial del soporte larguero para 5 pantallas.

El soporte montado a muro, es mediante anclajes HILTI.

El uso de anclajes es para montaje en concreto (trabe de concreto).

En estos soportes, el montaje se realiza mediante un PTR de 3 pulgadas (76.2 mm) de acero tipo A36 recubierto de pintura anticorrosiva, el cual por uno de sus extremos se fija al Larguero mediante placas superpuestas y del extremo contrario tiene una placa la cual se monta al muro con anclajes.

El soporte montado entre columnas de concreto, es mediante anclajes HILTI.

En estos soportes, el montaje se realiza mediante un PTR de 3 pulgadas (76.2 mm) de acero tipo A36 denominado “montante”, el cual por ambos extremos

contiene placas las cuales se fijan a placas superpuestas contenidas en los largueros, de tal forma que se usan dos PTR de 3 pulgadas (76.2 mm) para dos largueros con arreglo de 5 pantallas y así formar un soporte de 10 pantallas.

Este “montante”, en su parte media, se fija a una placa, la cual es la que se monta con anclajes a la columna.

El soporte montado entre columnas de acero, es mediante tornillos de alta resistencia.

En estos soportes, el montaje se realiza mediante una estructura formada entre dos placas, una más grande que otra, de tal forma que la placa pequeña se fija al Larguero y la placa grande se monta a la columna de acero mediante tornillos de alta resistencia.



Figura 3.21. La figura muestra los diferentes montajes, todos a partir de un larguero universal para las diferentes configuraciones. Dependiendo el lugar de fijación es el tipo de montaje.

3.4.3. Soporte para 4 pantallas.

Descripción general

Se consideran diferentes configuraciones en número de pantallas, todas a partir de una estructura en forma de “Travesaño” universal.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304. La estructura está preparada para la fijación a piso. Se pueden fijar 4 u 8 pantallas a través de un bastidor contenido en el travesaño.



Figura 3.22. La figura muestra el soporte para 4 pantallas y fijación a piso.

El soporte consta de un PTR de 4 pulgadas (101.6 mm) de acero inoxidable tipo 304 el cual contiene una estructura formada por PTR de 2 pulgadas (50.8 mm) de acero tipo A36 en forma de bastidor donde se fijan por uno o ambos lados, dependiendo el caso, ángulos para la fijación de las pantallas, las cuales utilizan soportes basculantes que permiten la inclinación de las pantallas.

En un caso particular, el soporte se usa para ser doble, es decir, por ambos lados contiene ángulos para así formar un soporte doble de 8 pantallas.

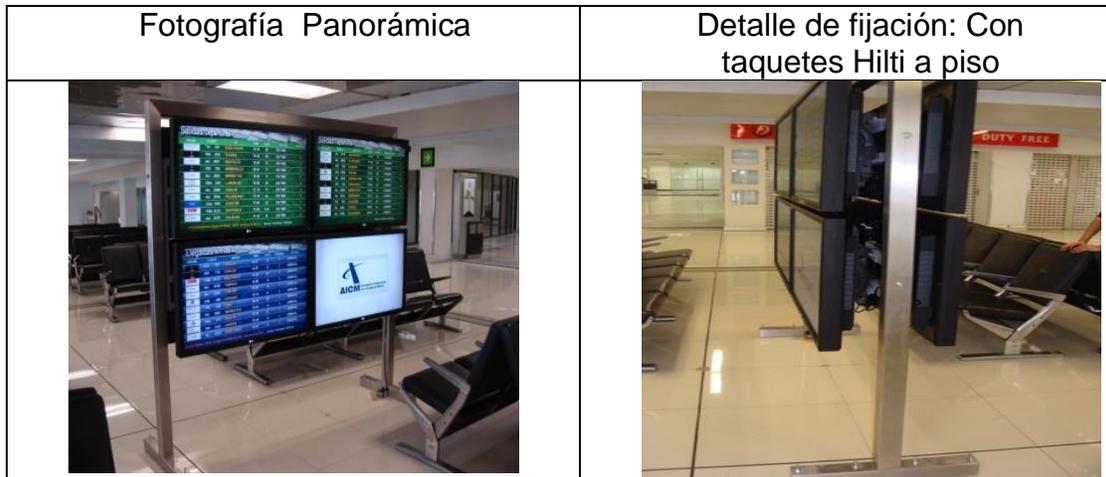


Figura 3.23. La figura muestra el soporte para 8 pantallas y fijación a piso. Consta del mismo bastidor que el soporte para 4 pantallas, con la diferencia que este tiene ángulos que sostienen las pantallas por ambos lados.

Materiales

- Travesaño de PTR de acero inoxidable tipo 304 de 3 pulgadas (76.2 mm).
- Estructura de acero tipo A36 de 2 pulgadas (50.8 mm) recubierto con pintura anticorrosiva.
- ángulos de 1 pulgada (25.4 mm) de acero al carbono recubierto con pintura anticorrosiva.

Montaje

Para el montaje de este soporte se empleará estructura de acero al carbono recubierta de pintura anticorrosiva, de forma que esté contenida en el travesaño de acero inoxidable.

La estructura se sujeta al travesaño mediante tornillos hexagonales de 3/8 de pulgada (9.525 mm). El soporte final se monta a piso mediante anclajes HILTI.

3.4.4. Soporte tótem.

Descripción general

Se consideran una sola configuración en número de pantallas y montaje, todas a partir de una caja y estructura.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304, acero tipo A36 recubierto de pintura anticorrosiva.

La estructura está preparada para la fijación a piso. Se puede fijar 1 pantalla a través de una caja que contiene ángulos para la fijación de las pantallas, las cuales utilizan soportes basculantes que permiten la inclinación de las pantallas.

En el interior de la caja se aloja la interfaz gráfica en una tapa por la parte trasera de la caja.

Dimensiones: 70 cm de ancho, 40 cm de altura y 10 cm de espesor.

Del mismo modo, en el interior de la caja se sujeta una placa de acero, que hace tirante con una estructura tubular de 2 pulgadas (50.8 mm) de acero tipo A36 recubierta de pintura anticorrosiva, la cual en uno de sus extremos contiene una placa que es la que hace tirante, es decir, provoca que la caja se apriete en dirección del montaje, en este caso al piso, y del otro extremo de la estructura contiene una placa con cartabones recubiertos de pintura anticorrosiva, que es la que se monta al piso con anclajes HILTI.

Una vez armada la estructura con la caja y antes de montarla al piso, se coloca un forro de acero inoxidable calibre 18 (1.23 mm) en forma de rectángulo, con la finalidad de cubrir dicha estructura tubular.

Materiales

- Estructura tubular de 2 pulgadas (50.8 mm) de acero tipo A36 recubierta con pintura anticorrosiva.
- Ángulos de 1 pulgada (25.4 mm) de acero al carbono recubierto con pintura anticorrosiva.
- Caja fabricada con paneles de lámina de acero inoxidable tipo 304 calibre 20.



Figura 3.24. La figura muestra la caja usada para los soportes Tótem y para soportes dobles a techo. El motivo de que en su interior sea hueco, es debido a que dentro se coloca el control de las pantallas de información.

- Placas de acero tipo A36 recubiertas con pintura anticorrosiva.
- Cartabones de acero recubiertos con pintura anticorrosiva.

Montaje

Para el montaje de este soporte se empleará estructura tubular de acero tipo A36 recubierta de pintura anticorrosiva, de forma que esta se monte al piso con anclajes HILTI. Se usa un forro de acero inoxidable para cubrir el montaje y solo se vea un solo soporte.



Figura 3.25. La figura muestra el soporte ya ensamblado, además de que para los soportes Tótem, se usa una tapa del lado contrario de la pantalla, esto es para proteger el sistema de control de la pantalla y para darle una buena vista.

3.4.5. Soporte telescópico para dos pantallas.

Descripción general

Se consideran una sola configuración en número de pantallas y montaje, todas a partir de una caja y estructura.

Soporte fabricado de acero inoxidable tipo 304, acero tipo A36 recubierto de pintura anticorrosiva. La estructura está preparada para la fijación a techo. Se pueden fijar 2 pantallas a través de una caja que contiene ángulos por ambos lados de la caja para la fijación de las pantallas, las cuales utilizan soportes basculantes que permiten la inclinación de las pantallas.

En el interior de la caja se aloja la interfaz gráfica en una tapa por la parte inferior. Dimensiones: 70 cm de ancho, 40 cm de altura y 10 cm de espesor.

En la parte superior de la caja se fija un tubular de acero inoxidable el cual en su extremo inferior contiene una placa para la fijación de la caja y por el otro extremo del tubular se fija a la estructura tubular telescópica mediante tornillos de acero inoxidable de 3/8 de pulgada (9.525 mm).

Materiales

- Estructura tubular de 2 ½ pulgadas (63.5 mm) de acero tipo A36 recubierta con pintura anticorrosiva.
- Ángulos de 1 pulgada de acero al carbono recubierto con pintura anticorrosiva.
- Caja fabricada con paneles de lámina de acero inoxidable tipo 304 calibre 20



Figura 3.26. La figura muestra el soporte para dos pantallas a techo, este soporte se usa generalmente en la parte de bandas de equipaje.

- Placas de acero inoxidable tipo 304.
- Tubular de 2 pulgadas de diámetro exterior (5.8 mm) de acero inoxidable tipo 304.

Montaje

Para el montaje de este soporte se empleará estructura tubular de acero A36 recubierta de pintura anticorrosiva, de forma que esta se monte al techo con anclajes HILTI y sirva como estructura en forma telescópica para fijar el soporte. Esto para el caso de las bandas internacionales.

En el caso de las bandas nacionales, el tubular de acero inoxidable se monta directo a techo con anclajes HILTI.





Figura 3.27. La figura muestra a detalle el ensamble del tubular con la caja, así como la sujeción a techo.

3.5. Cálculos de resistencia.

La resistencia de un material es su capacidad para resistir la acción de fuerzas aplicadas. Desafortunadamente, la resistencia de un material no se puede representar por un solo número porque su aptitud para resistir la acción de las cargas y fuerzas depende de la naturaleza de ésta, de las clases de esfuerzos inducidos y de otras circunstancias.

Si un elemento tiene que ser sometido a un esfuerzo que exceda de su límite elástico, la deformación permanente que recibe puede inutilizarlo para el servicio. Así, el límite elástico es un criterio importante en la resistencia de materiales. En lugar de límite elástico utilizamos invariablemente la resistencia de fluencia, la cual representa un esfuerzo que generalmente no se diferencia mucho del límite elástico y es mucho más fácil de determinar experimentalmente.

También el esfuerzo máximo es un criterio importante en la resistencia de materiales, porque un elemento pierde ciertamente su utilidad cuando no está libre o exento de daño. Todos los criterios de resistencia se modifican algo a fin de obtener un criterio de cálculo. En su forma más sencilla, el criterio de cálculo es un

esfuerzo de cálculo o un esfuerzo de trabajo, que puede ser denominado también esfuerzo de seguridad o esfuerzo admisible.

El esfuerzo utilizado en el cálculo debe garantizar que no se produzca fallos y entonces se dice que es admisible.

Ordinariamente el coeficiente de seguridad es el coeficiente que aplica el criterio de resistencia a fin de obtener un criterio de cálculo. Según el significado literal de las palabras, coeficiente de seguridad indicaría el grado de seguridad de cálculo, pero realmente no es así. Para evitar la confusión a que puede dar lugar el que el significado literal no coincida con la realidad, es preferible llamar a este número coeficiente de cálculo. Haremos uso del coeficiente de cálculo N o coeficiente de seguridad para definir un esfuerzo de cálculo s_d ; así, para los criterios de esfuerzo máximo s_u y esfuerzo de fluencia s_y , tenemos:

$$s_d = \frac{s_u}{N} \quad \text{y} \quad s_d = \frac{s_y}{N}$$

Puesto que el esfuerzo utilizado en el proyecto es la cantidad más importante y a causa de que en un procedimiento de cálculo particular el mejor esfuerzo de cálculo corresponde a un número determinado, los valores de N en las ecuaciones anteriores deben ser diferentes. El coeficiente o factor de cálculo depende del criterio utilizado en el proyecto.

Cuando se investiga o declara un coeficiente de seguridad N , hay que declarar también su base, poniendo “coeficiente de seguridad basado en la resistencia de fluencia” o “basado en la resistencia máxima”.

Probablemente la definición más fundamental del coeficiente de seguridad es:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{\text{carga que podría originar la rotura}}{\text{carga real aplicada en el elemento}}$$

Al menos si sólo interviene una carga. También se emplea esta definición cuando el esfuerzo no varía linealmente con la fuerza. La tabla 1.1 “Coeficientes de seguridad (Coeficientes de cálculo)”⁶ da los valores prácticos que pueden servir de guía.

Un grado de seguridad innecesariamente grande implica un coste innecesariamente elevado. Un esfuerzo calculado por la ecuación de esfuerzo, tal como

$$s = \frac{F}{A} \quad \text{o} \quad s = \frac{M_c}{I}$$

⁶ Ver apartado de Anexos. Tabla 1.1. COEFICIENTES DE SEGURIDAD (COEFICIENTES DE CÁLCULO). “Diseño de elementos de máquinas”, V.M. Faires, UTEHA, primera edición en español, Impreso en México, 1990.

Se denomina apropiadamente *esfuerzo calculado o nominal*.

Para nuestro proyecto haremos un cálculo de Cantiléver para vigas y estructuras.

En el libro "Tratado elemental de mecánica aplicada" (J.A. Bocquet, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1945 (Traducido por el Dr. Eduardo Fontseré) se encuentran numerosos ejercicios resueltos de cálculo de elementos de máquinas y estructuras. Entre estos ejercicios se encuentran algunos que permiten calcular las dimensiones y resistencia de las vigas.

Las vigas son elementos estructurales que han de soportar esfuerzos de flexión.

Para el cálculo de una viga, considerando los esfuerzos de flexión que ha de soportar, se puede usar la fórmula siguiente:

$$M = R \times Z$$

En la fórmula M es el momento de las fuerzas exteriores que producen la flexión en una sección determinada de la viga, Z es el módulo de la sección y R es el valor de la resistencia del material a tracción.

Los grabados⁷ muestran las fórmulas que nos permiten calcular el momento de las fuerzas exteriores M para distintos tipos de vigas. Este momento depende del peso que ha de soportar la viga, de cómo está situado a lo largo de la misma y de su longitud. Mientras más larga es la viga y mayor es el peso que ha de soportar, mayor será el valor del momento M .

El módulo de la sección Z (Momento de inercia de la sección) depende de la forma geométrica que tenga la sección de la viga y de sus dimensiones.⁸

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, comenzaremos nuestros cálculos para los soportes de pantallas LCD instaladas en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

⁷ Ver apartado Anexos. Fórmulas para calcular el momento de las fuerzas exteriores M para distintos tipos de vigas. *Macchinerys Handbook*, página 239

⁸ Ver apartado Anexos. Fórmulas para calcular el momento de inercia de la sección. *Macchinerys Handbook*, página 215.

En primer lugar tomamos en consideración que la mayoría de los soportes fabricados fueron con Acero Inoxidable tipo A304 recocido. El esfuerzo de cálculo s_d , para este material para cargas permanentes usamos el esfuerzo de fluencia s_y , de la tabla 1.1⁹ usamos para carga permanente y basado en la resistencia de fluencia $N=2$ tenemos que de la tabla AT4¹⁰ para A304 recocido tenemos:

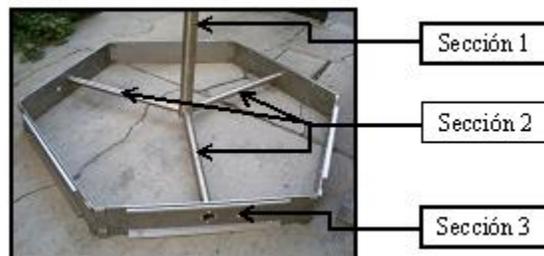
$$\text{Límite de fluencia en tracción} \quad s_y = 2460 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$$

$$s_d = \frac{s_y}{N}, s_d = \frac{2460 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]}{2} = 1230 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$$

3.5.1. Soporte hexagonal tipo kiosco

Para obtener el esfuerzo nominal en tensión de todo el soporte, la fuerza o carga será el peso del soporte.

En primer lugar establecemos tres secciones para todo el soporte, como se muestra:



Características

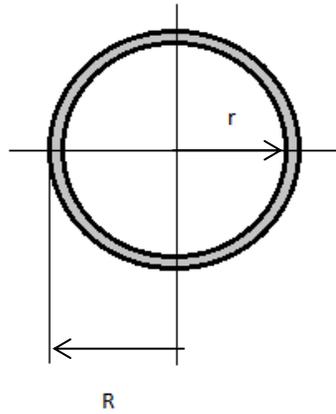
- Sección 1. Tubular redondo de Acero Inoxidable tipo A304 de 3 pulgadas espesor calibre 14 (2.1 mm). Diámetro exterior = 7.62 cm, Diámetro interior = 5.52 cm. Escogemos la longitud más grande de los soportes, en este caso son 267 cm.
- Sección 2. Tubular redondo de Acero Inoxidable tipo A304 de 2 pulgadas de espesor Calibre 14 (2.1 mm). Diámetro exterior = 5.14 cm, Diámetro interior = 4.82 cm. Longitud 81.5 cm.
- Sección 3. Placa de Acero Inoxidable tipo A304 espesor 3/16 de pulgada (0.47625 cm), Longitud = 97 cm, Ancho = 19.6 cm.

⁹ Ver apartado de Anexos. Tabla 1.1. COEFICIENTES DE SEGURIDAD (COEFICIENTES DE CÁLCULO). Diseño de elementos de máquinas, V.M. Faires, UTEHA, primera edición en español, Impreso en México, 1990.

¹⁰ Ver apartado de Anexos. "Propiedades típicas de algunos aceros Inoxidables". Diseño de elementos de máquinas, V.M. Faires, UTEHA, primera edición en español, Impreso en México, 1990.

Área efectiva al 90 % y volumen del soporte por secciones.

i. Área de la sección 1.

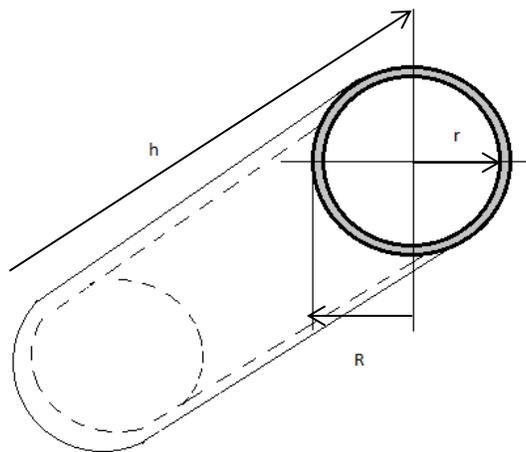


$$A = R^2\pi - r^2\pi$$

$$A = (3.81 \text{ cm})^2\pi - (2.76 \text{ cm})^2\pi$$

$$A = 21.672 [\text{cm}^2]$$

ii. Volumen sección 1.

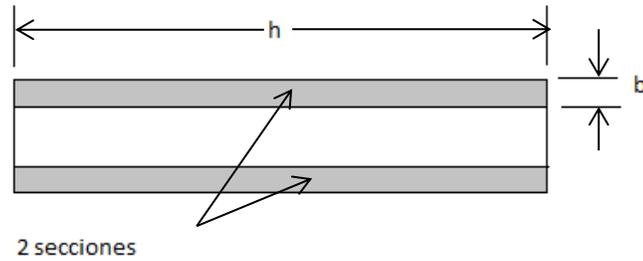


$$V = \pi h(R^2 - r^2)$$

$$V = \pi(267 \text{ cm})[(3.81 \text{ cm})^2 - (2.76 \text{ cm})^2]$$

$$V = 5786.5 [\text{cm}^3]$$

iii. Área de la sección 2.



$$b = 0.21 \text{ cm}$$

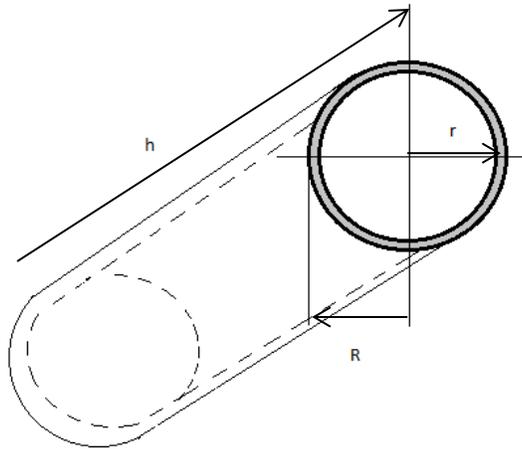
$$h = 81.5 \text{ cm}$$

$$A = bh(2)(3), \quad \text{lo multiplicamos por 3 porque son 3 tubulares}$$

$$A = (16.3 \text{ cm}^2)(2)(3)$$

$$A = 97.8 \text{ [cm}^2\text{]}$$

iv. Volumen sección 2.

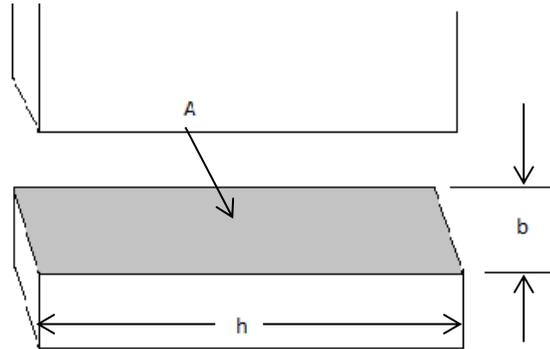


$$V = \pi h(R^2 - r^2)(3)$$

$$V = \pi(81.5 \text{ cm})[(2.57 \text{ cm})^2 - (2.41 \text{ cm})^2](3)$$

$$V = 612.038 \text{ [cm}^3\text{]}$$

v. Área de la sección 3.



$$h = 97 \text{ cm}$$

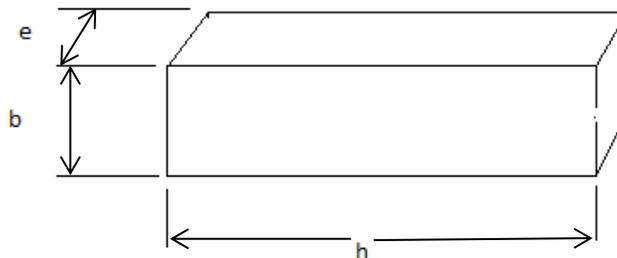
$$b = 0.47625 \text{ cm}$$

$$A = (bh)(6)$$

$$A = (0.47625 \text{ cm})(97 \text{ cm})(6)$$

$$A = 277.178 [\text{cm}^2]$$

vi. Volumen sección 3.



$$V = bhe$$

$$V = (19.6 \text{ cm})(97 \text{ cm})(0.47625 \text{ cm})(6)$$

$$V = 5432.68 [\text{cm}^3]$$

vii. Peso.

Para obtener el peso del soporte, tenemos:

$$W = W_{e_{A304}} \times V$$

Tenemos que el peso específico del Acero Inoxidable tipo A304, de acuerdo con especificaciones¹¹ es:

$$W_{e_{A304}} = 0.008 \left[\frac{kg}{cm^3} \right]$$

$$V_t = V_{s1} + V_{s2} + V_{s3}$$

$$V_t = 5786.5 \text{ cm}^3 + 612.038 \text{ cm}^3 + 5432.68 \text{ cm}^3$$

$$V_t = 11831.2 \text{ cm}^3 \text{ Volumen total del soporte}$$

$$W = \left(0.008 \frac{kg}{cm^3} \right) (11831.2 \text{ cm}^3)$$

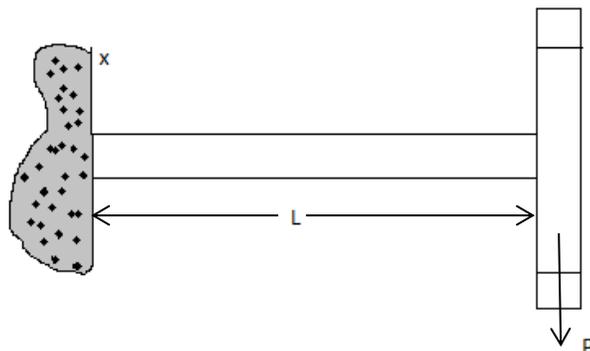
$$W = 94.6497 \text{ kg}$$

viii. Área efectiva.

$$A_e = (A_{s1} + A_{s2} + A_{s3})(0.9)$$

$$A_e = 356.985 \text{ [cm}^2\text{]}$$

ix. Momento de fuerzas.

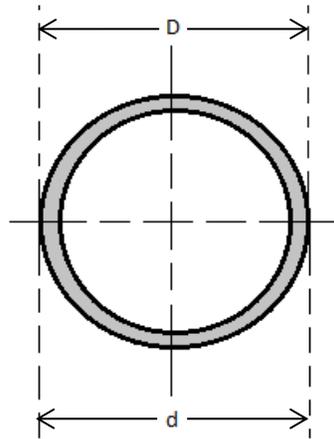


Tenemos carga en el extremo, por lo tanto $M = PL$

x. Módulo Z

Para el módulo Z (momento de inercia de la sección), depende de la forma geométrica. Para nuestro análisis usaremos la sección 1 del soporte.

¹¹ Ver apartado de Anexos. “Propiedades mecánicas del Acero Inoxidable 304”



$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left[\frac{3371.47 \text{ cm}^4 - 928.445 \text{ cm}^4}{7.62 \text{ cm}} \right]$$

$$Z = 31.4756 [\text{cm}^3]$$

Ahora bien, tenemos: $M = RZ$ y $M = PL$

$$PL = RZ$$

$$P = \frac{RZ}{L}$$

$$P = 290 [\text{kg}] \text{ *Peso máximo para el soporte*}$$

Para la resistencia tenemos que el peso por cada pantalla son 21 kg, este soporte usa 6 pantallas, por lo que tendrá un peso de pantallas de 126 kg.

Ahora para nuestro análisis usamos el peso de la sección 2 y 3, por lo que tenemos:

$$W = \left(0.008 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right) (612.038 \text{ cm}^3 + 5432.68 \text{ cm}^3)$$

$$W = 48.3577 \text{ kg} + 126 \text{ kg}$$

$$W = 174.358 \text{ kg} \text{ *peso usado para la resistencia*}$$

Tenemos:

$$PL = RZ$$

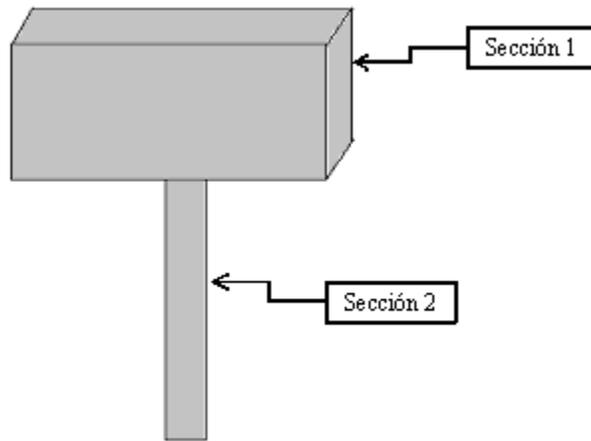
$$R = \frac{PL}{Z}$$

$$R = \frac{(174.358 \text{ Kg})(267 \text{ cm})}{31.4756 \text{ cm}^3}$$

$$R = 1479.04 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

3.5.2. Soporte tipo Tótem.

Tenemos dos secciones para el soporte, tal como lo muestra la siguiente figura:



Características.

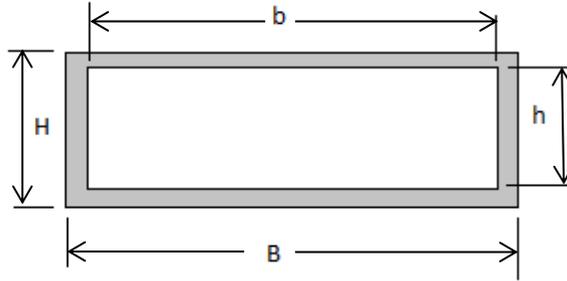
a) Sección 1. Caja de lámina de Acero Inoxidable tipo A304 Calibre 18 (0.127 cm).

Longitud = 70 cm, ancho = 40 cm, espesor = 10 cm

b) Tubular redondo de 2 de diámetro externo, de Acero tipo A36, espesor 0.21 cm. Diámetro exterior = 5.14 cm, diámetro interior = 4.82 cm, longitud = 180 cm.

Área efectiva al 90 % y volumen del soporte por secciones.

i. Área sección 1.



$$B = 70 \text{ cm}$$

$$H = 10 \text{ cm}$$

$$b = 69.746 \text{ cm}$$

$$h = 9.746 \text{ cm}$$

$$A = BH - bh$$

$$A = [(70 \text{ cm})(10 \text{ cm})] - [(69.746 \text{ cm})(9.746 \text{ cm})]$$

$$A = 20.255 \text{ [cm}^2\text{]}$$

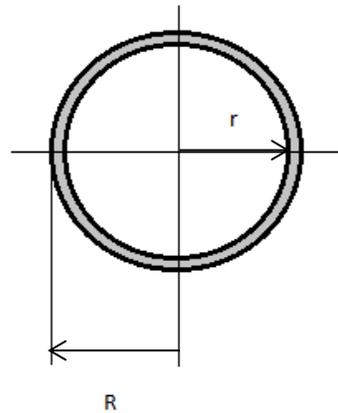
ii. Volumen sección 1.

$$V = (BHE) - (bhe)$$

$$V = 28000 \text{ cm}^3 - 27017.1 \text{ cm}^3$$

$$V = 982.9 \text{ [cm}^3\text{]}$$

iii. Área de la sección 2.

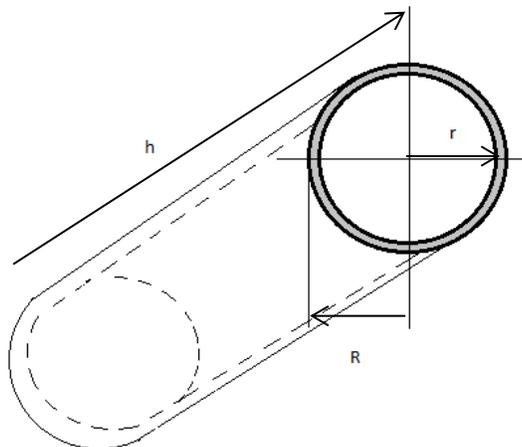


$$A = R^2\pi - r^2\pi$$

$$A = (2.57 \text{ cm})^2\pi - (2.41 \text{ cm})^2\pi$$

$$A = 2.5032 [\text{cm}^2]$$

iv. Volumen sección 2.



$$V = \pi h(R^2 - r^2)$$

$$V = \pi(180 \text{ cm})[(2.57 \text{ cm})^2 - (2.41 \text{ cm})^2]$$

$$V = 450.58 [\text{cm}^3]$$

v. Peso.

Para la sección 1, tenemos:

$$W_{e_{A304}} = 0.008 \left[\frac{kg}{cm^3} \right]$$

$$V_t = 982.9 \text{ cm}^3 \text{ Volumen total de sección 1}$$

$$W = \left(0.008 \frac{kg}{cm^3} \right) (982.9 \text{ cm}^3)$$

$$W = 7.8632 \text{ kg}$$

Para la sección 2, tenemos:

$$W_{e_{A36}} = 0.00785 \left[\frac{kg}{cm^3} \right]$$

$$V_t = 450.58 \text{ cm}^3 \text{ Volumen total de sección 2}$$

$$W = \left(0.00785 \frac{kg}{cm^3} \right) (450.58 \text{ cm}^3)$$

$$W = 3.53705 \text{ kg}$$

$$W_t = W_{s1} + W_{s2}$$

$$W_t = 11.4 \text{ [kg] peso del soporte}$$

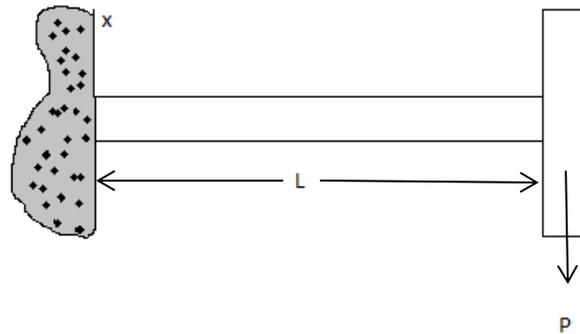
$$W_t = 32.4 \text{ [kg] peso del soporte más la pantalla}$$

vi. Área efectiva al 90 %

$$A_e = (A_{s1} + A_{s2})(0.9)$$

$$A_e = 20.482 \text{ [cm}^2\text{]}$$

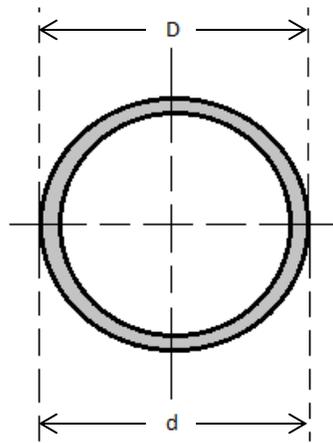
vii. Momento de fuerzas.



Tenemos carga en el extremo, por lo tanto $M = PL$

viii. Módulo Z

Para el módulo Z (momento de inercia de la sección), depende de la forma geométrica. Para nuestro análisis usaremos la sección 1 del soporte.



$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left[\frac{697.995 \text{ cm}^4 - 539.744 \text{ cm}^4}{5.14 \text{ cm}} \right]$$

$$Z = 3.02262 [\text{cm}^3]$$

Ahora bien, tenemos: $M = RZ$ y $M = PL$

$$PL = RZ$$

$$P = \frac{RZ}{L}$$

$$P = 41.16 [\text{kg}] \text{ *Peso máximo para el soporte*}$$

Para la resistencia tenemos que el peso por cada pantalla son 21 kg, este soporte usa 1 pantalla.

Ahora para nuestro análisis usamos el peso de la sección 1, por lo que tenemos:

$$W = 7.8632 [kg] + 21[kg]$$

$$W = 28.8632 \text{ kg peso usado para la resistencia}$$

Tenemos:

$$PL = RZ$$

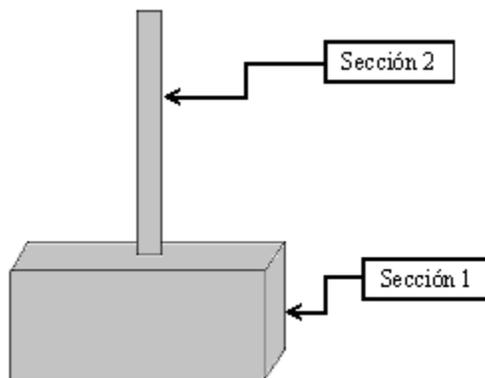
$$R = \frac{PL}{Z}$$

$$R = \frac{(28.863 \text{ Kg})(180 \text{ cm})}{3.02262 \text{ cm}^3}$$

$$R = 1718.83 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

3.5.3. Soporte doble pantalla a techo.

Tenemos dos secciones para el soporte, tal como lo muestra la siguiente figura:



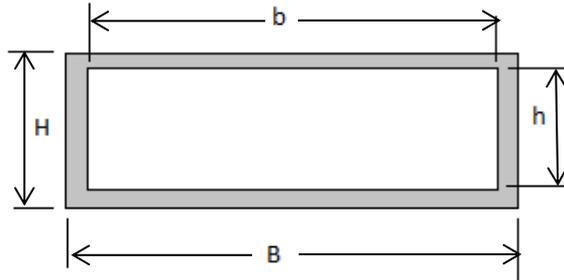
Características.

a) Sección 1. Caja de lámina de Acero Inoxidable tipo A304 Calibre 18 (0.127 cm). Longitud = 70 cm, ancho = 40 cm, espesor = 10 cm

b) Sección 2. Tubular redondo de 2 pulgadas, de Acero Inoxidable tipo A304, espesor 0.21 cm. Diámetro exterior = 5.14 cm, diámetro interior = 4.82 cm, longitud = 116 cm.

Área efectiva al 90 % y volumen del soporte por secciones.

i. Área sección 1.



$$B = 70 \text{ cm}$$

$$H = 10 \text{ cm}$$

$$b = 69.746 \text{ cm}$$

$$h = 9.746 \text{ cm}$$

$$A = BH - bh$$

$$A = [(70 \text{ cm})(10 \text{ cm})] - [(69.746 \text{ cm})(9.746 \text{ cm})]$$

$$A = 20.255 \text{ [cm}^2\text{]}$$

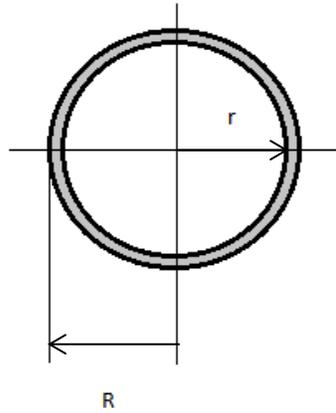
ii. Volumen sección 1.

$$V = (BHE) - (bhe)$$

$$V = 28000 \text{ cm}^3 - 27017.1 \text{ cm}^3$$

$$V = 982.9 \text{ [cm}^3\text{]}$$

iii. Área de la sección 2.

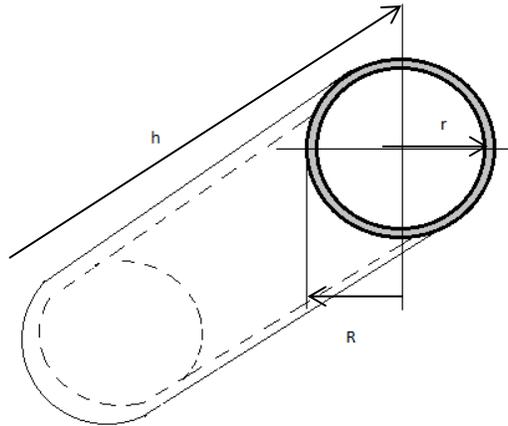


$$A = R^2\pi - r^2\pi$$

$$A = (2.57 \text{ cm})^2\pi - (2.41 \text{ cm})^2\pi$$

$$A = 2.5032[\text{cm}^2]$$

iv. Volumen sección 2.



$$V = \pi h(R^2 - r^2)$$

$$V = \pi(116 \text{ cm})[(6.6049 \text{ cm})^2 - (5.8081 \text{ cm})^2]$$

$$V = 290.374 [\text{cm}^3]$$

v. Peso.

$$W_{e_{A304}} = 0.008 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

$$V_t = 1273.27 \text{ cm}^3 \text{ Volumen total del soporte}$$

$$W = \left(0.008 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\right) (1273.27 \text{ cm}^3)$$

$$W = 10.1862 \text{ kg, peso del soporte}$$

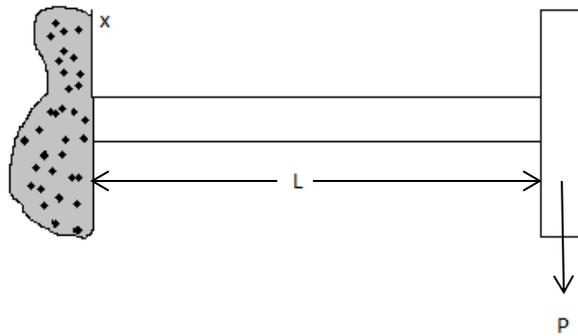
$$W = 52.186 \text{ kg, peso del soporte más dos pantallas}$$

vi. Área efectiva al 90 %

$$A_e = (A_{s1} + A_{s2})(0.9)$$

$$A_e = 20.482 [\text{cm}^2]$$

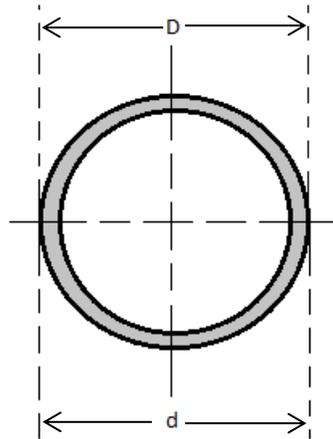
vii. Momento de fuerzas.



Tenemos carga en el extremo, por lo tanto $M = PL$

viii. Módulo Z

Para el módulo Z (momento de inercia de la sección), depende de la forma geométrica. Para nuestro análisis usaremos la sección 2 del soporte.



$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left[\frac{697.995 \text{ cm}^4 - 539.744 \text{ cm}^4}{5.14 \text{ cm}} \right]$$

$$Z = 3.02262 [\text{cm}^3]$$

Ahora bien, tenemos: $M = RZ$ y $M = PL$

$$PL = RZ$$
$$P = \frac{RZ}{L}$$

$$P = 64.10 [\text{kg}] \text{ *Peso máximo para el soporte*}$$

Para la resistencia tenemos que el peso por cada pantalla son 21 kg, este soporte usa 2 pantallas.

Ahora para nuestro análisis usamos el peso de la sección 1, por lo que tenemos:

$$W = 7.8632 [\text{kg}] + 42 [\text{kg}]$$

$$W = 49.863 \text{ kg, peso usado para la resistencia}$$

Tenemos:

$$PL = RZ$$

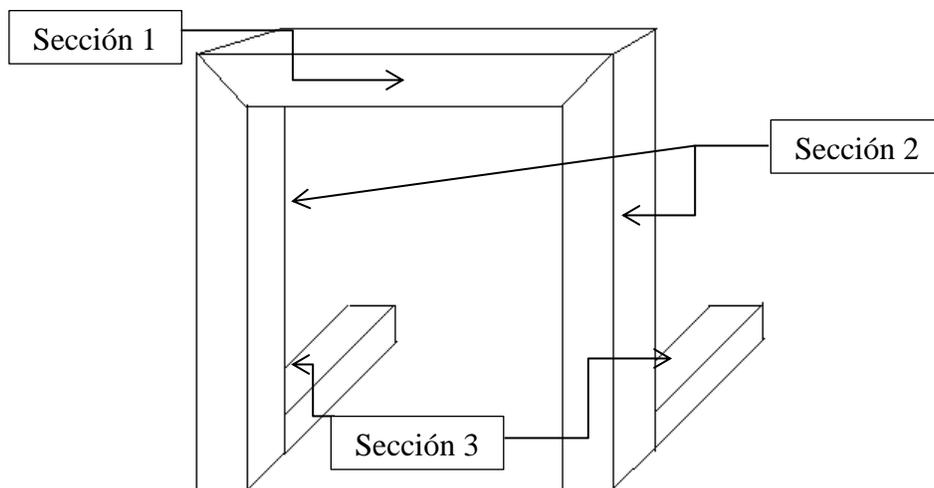
$$R = \frac{PL}{Z}$$

$$R = \frac{(49.863 \text{ Kg})(116 \text{ cm})}{3.02262 \text{ cm}^3}$$

$$R = 1913.62 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

3.5.4. Soporte cuatro pantallas.

Tenemos tres secciones para el soporte, tal como lo muestra la siguiente figura:

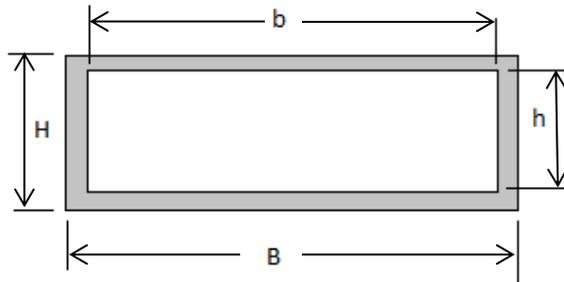


Características.

- Sección 1. PTR de 3 pulgadas, de Acero Inoxidable tipo A 304, calibre 14 (0.21 cm), longitud = 215 cm.
- Sección 2. PTR de 3 pulgadas, de Acero Inoxidable tipo A 304, calibre 14 (0.21 cm), longitud = 197 cm.
- Sección 3. PTR de 3 pulgadas, de Acero Inoxidable tipo A 304, calibre 14 (0.21 cm), longitud = 30 cm.

Área efectiva al 90 % y volumen del soporte por secciones.

i. Área sección 1.



$$B = 215 \text{ cm}$$

$$H = 7.62 \text{ cm}$$

$$b = 214.58 \text{ cm}$$

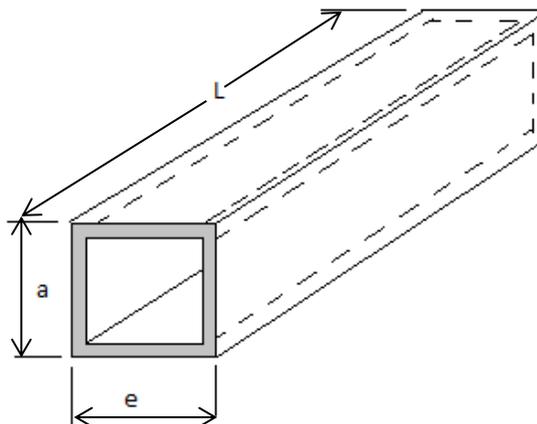
$$h = 7.2 \text{ cm}$$

$$A = BH - bh$$

$$A = [(215 \text{ cm})(7.62 \text{ cm})] - [(214.58 \text{ cm})(7.2 \text{ cm})]$$

$$A = 93.32 \text{ [cm}^2\text{]}$$

ii. Volumen sección 1.

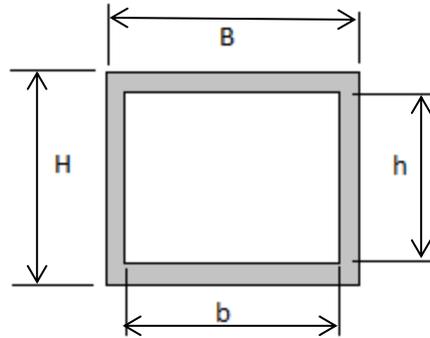


$$V = (BHE) - (bhe)$$

$$V = 12483.8 \text{ cm}^3 - 11123.8 \text{ cm}^3$$

$$V = 1360 \text{ [cm}^3\text{]}$$

iii. Área de la sección 2.



$$B = 7.62 \text{ cm}$$

$$H = 7.62 \text{ cm}$$

$$b = 7.2 \text{ cm}$$

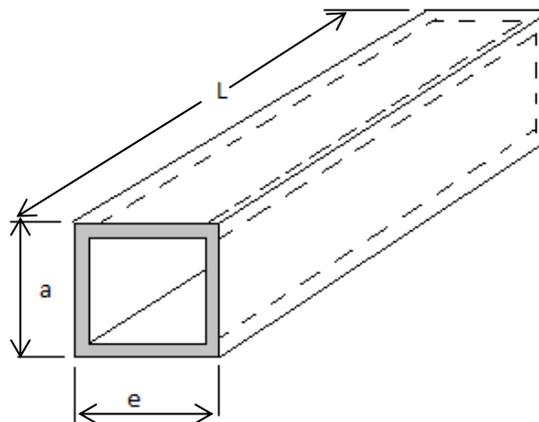
$$h = 7.2 \text{ cm}$$

$$A = BH - bh$$

$$A = 58.0644 \text{ cm}^2 - 51.84 \text{ cm}^2$$

$$A = 6.2244 \text{ [cm}^2\text{]} \times 2 = 12.45 \text{ [cm}^2\text{]}$$

iv. Volumen sección 2.

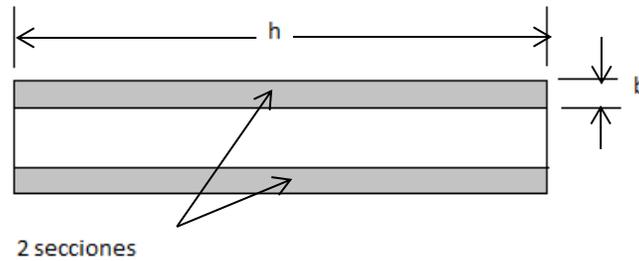


$$V = (BHE) - (bhe)$$

$$V = 11438.7 \text{ cm}^3 - 10190.7 \text{ cm}^3$$

$$V = 1248 [\text{cm}^3] \times 2 = 2496 [\text{cm}^3]$$

v. Área sección 3.



$$b = 0.21 \text{ cm}$$

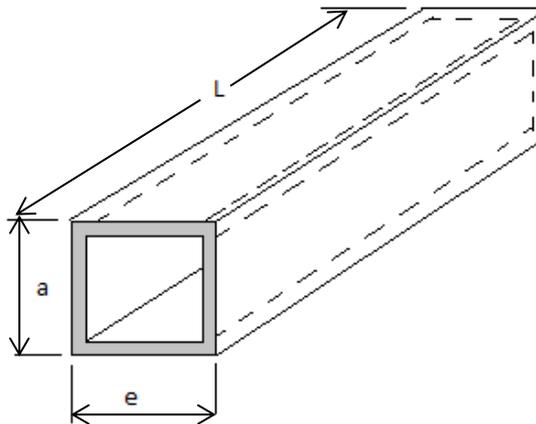
$$h = 30 \text{ cm}$$

$$A = bh(2)(2), \quad \text{lo multiplicamos por 2 porque son 2 tubulares}$$

$$A = (12.6 \text{ cm}^2)(2)$$

$$A = 25.2 [\text{cm}^2]$$

vi. Volumen sección 3.



$$V = (BHE) - (bhe)$$

$$V = 1741.93 \text{ cm}^3 - 1533.43 \text{ cm}^3$$

$$V = 208.5 [cm^3] \times 2 = 417 [cm^3]$$

vii. Peso.

$$W_{e_{A304}} = 0.008 \left[\frac{kg}{cm^3} \right]$$

$$V_t = 4273 cm^3 \text{ Volumen total del soporte}$$

$$W = \left(0.008 \frac{kg}{cm^3} \right) (4273 cm^3)$$

$$W = 34.184 kg, \text{ peso del soporte}$$

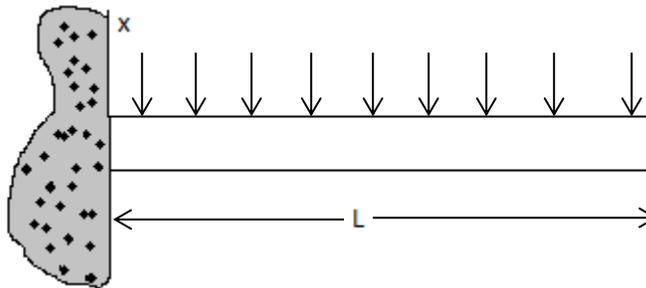
$$W = 118.184 [kg] \text{ peso del soporte más 4 pantallas}$$

viii. Área efectiva al 90 %

$$A_e = (A_{s1} + A_{s2} + A_{s3})(0.9)$$

$$A_e = 117.872 [cm^2]$$

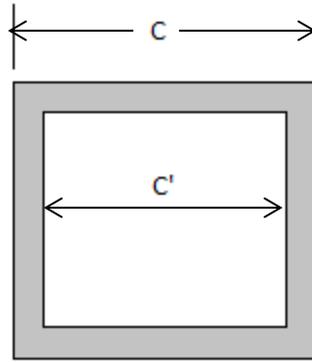
ix. Momento de fuerzas.



Tenemos carga permanente con un peso de P kg por metro de longitud, por lo tanto: $M = P \frac{L^2}{2}$

x. Módulo Z

Para el módulo Z (momento de inercia de la sección), depende de la forma geométrica. Para nuestro análisis usaremos la sección 2 del soporte.



$$Z = \frac{1}{6} \cdot \frac{c^4 - c'^4}{c}$$

$$Z = \frac{1}{6} \left[\frac{3371.47 \text{ cm}^4 - 2687.39 \text{ cm}^4}{7.62 \text{ cm}} \right] \times 2$$

$$Z = 29.9248 [\text{cm}^3]$$

Ahora bien, tenemos: $M = RZ$ y $M = P \frac{L^2}{2}$

$$P \frac{L}{2} = RZ$$

$$PL = \frac{2RZ}{L}$$

$$P = 373.68 [\text{kg}] \text{ *Peso máximo para el soporte*}$$

Para la resistencia tenemos que el peso por cada pantalla son 21 kg, este soporte usa 4 pantallas.

Ahora para nuestro análisis usamos el peso de la sección 1 y 2, por lo que tenemos:

$$V_t = 3856 \text{ cm}^3 \text{ *Volumen sección 1 y 2*}$$

$$W = \left(0.008 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right) (3856 \text{ cm}^3)$$

$$W = 30.848 \text{ kg, *peso de la sección 1 y 2*}$$

$$W = 114.848 [\text{kg}] \text{ *peso del soporte más 4 pantallas*}$$

Tenemos:

$$R = \frac{(114.848 \text{ Kg})(197 \text{ cm})}{29.9248 \text{ cm}^3}$$

$$R = 756.064 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Para el soporte de 8 pantallas, tenemos lo siguiente:

$$W = 30.848 \text{ kg, peso de la sección 1 y 2}$$

$$W = 198.848 \text{ [kg] peso del soporte más 8 pantallas}$$

$$P \frac{L}{2} = RZ$$

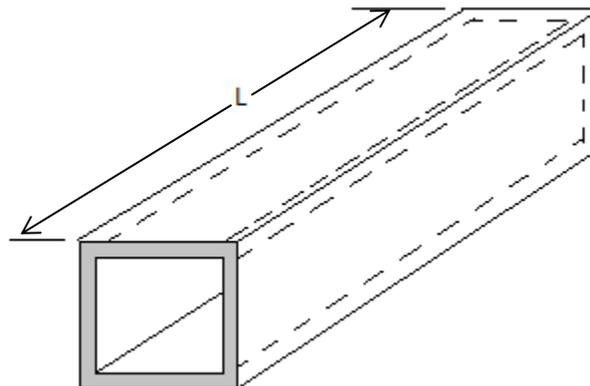
$$PL = \frac{2RZ}{L}$$

$$P = 373.68 \text{ [kg] Peso máximo para el soporte}$$

$$R = \frac{(198.848 \text{ Kg})(197 \text{ cm})}{29.9248 \text{ cm}^3}$$

$$R = 1309.05 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

3.5.5. Soporte larguero para 5 y 10 pantallas.



Características.

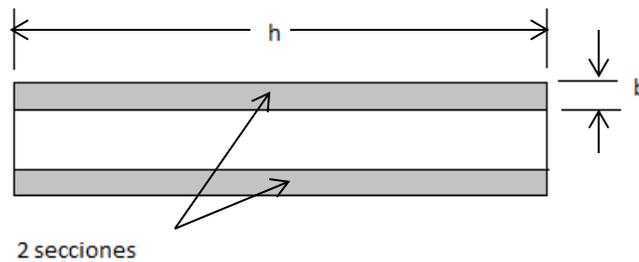
a) PTR sin pintar, Acero tipo A36 de 4 pulgadas (10.16 cm), espesor 0.3175 cm.

$$W_e = 0.00785 \left[\frac{kg}{cm^3} \right]$$

$$R = 2450.98 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Área efectiva al 90 % y volumen del soporte por secciones.

i. Área.



$$b = 0.3175 \text{ cm}$$

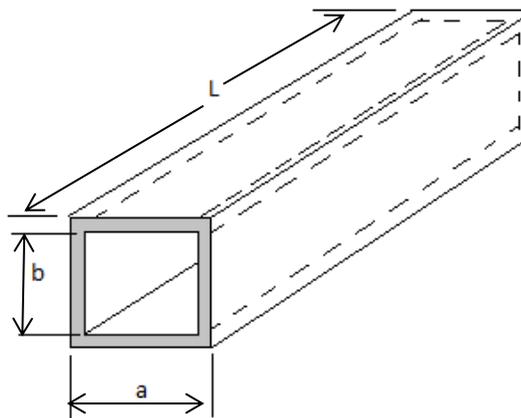
$$h = 475 \text{ cm}$$

$$A = bh(2)$$

$$A = (301.625cm^2)(0.9)$$

$$A_e = 271.463 [cm^2]$$

ii. Volumen sección.



$$a = 10.16 \text{ cm}$$

$$b = 9.525 \text{ cm}$$

$$L = 475 \text{ cm}$$

$$V = (BHE) - (bhe)$$

$$V = 49032.2 \text{ cm}^3 - 43094.7 \text{ cm}^3$$

$$V = 5937.53 \text{ [cm}^3\text{]}$$

iii. Peso.

$$W_{e_{A36}} = 0.00785 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

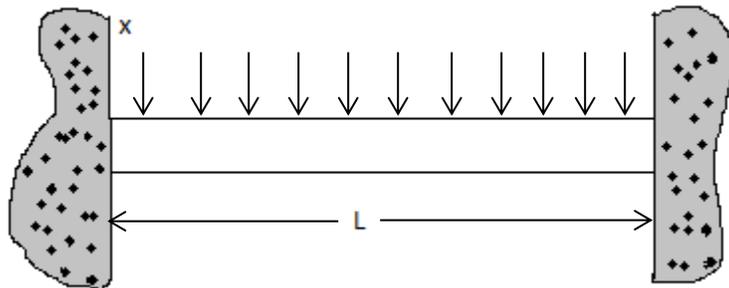
$$V_t = 5937.53 \text{ cm}^3$$

$$W = \left(0.00785 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right) (5937.53 \text{ cm}^3)$$

$$W = 46.6096 \text{ kg, peso del soporte}$$

$$W = 151.61 \text{ [kg] peso del soporte más 5 pantallas}$$

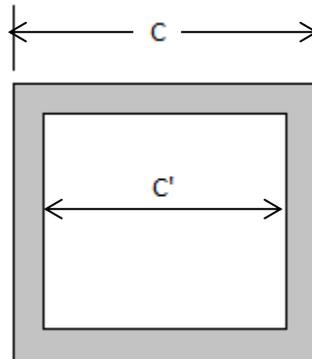
iv. Momento de fuerzas.



Tenemos carga uniforme, extremos empotrados, por lo tanto tenemos: $M = P \frac{L^2}{12}$

v. Módulo Z

Para el módulo Z (momento de inercia de la sección), depende de la forma geométrica.



$$Z = \frac{1}{6} \cdot \frac{C^4 - C'^4}{C}$$

$$Z = \frac{1}{6} \left[\frac{10655.5cm^4 - 8231.14cm^4}{10.16 cm} \right]$$

$$Z = 39.7697[cm^3]$$

Ahora bien, tenemos: $M = RZ$ y $M = P \frac{L^2}{12}$

$$P \frac{L}{12} = RZ$$

$$PL = \frac{(12)RZ}{L}$$

$$P = 2462.52 [kg] \text{ Peso máximo para el soporte}$$

Para la resistencia tenemos que el peso por cada pantalla son 21 kg, este soporte usa 5 pantallas.

$$W = 151.61 [kg] \text{ peso del soporte más 5 pantallas}$$

Tenemos:

$$R = \frac{(151.61 Kg)(475 cm)}{(12)39.7697 cm^3}$$

$$R = 150.9 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$$

Para el soporte de 10 pantallas, tenemos lo siguiente:

$$W = 256.61 [kg] \text{ peso del soporte más 10 pantallas}$$

$$R = \frac{(256.61 \text{ Kg})(475 \text{ cm})}{(12)39.7697 \text{ cm}^3}$$

$$R = 255.407 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$$

3.6. Fabricación.

Los diseños propuestos llevaron a sugerencias para el rediseño que dieron como resultado una simplificación del proceso de producción. Esta reducción del número de pasos en el proceso de fabricación de partes de los soportes, dio como resultado costos reducidos. Por ejemplo, no fue necesario pintar algunas partes del soporte, debido a que este no estaba a la vista del usuario del producto. En algunos casos se eliminaron varios pasos a través de la sustitución de un paso del proceso alternativo, es decir, la fabricación de forma directa; en el cual se produjo mediante una parte de la geometría pretendida al final en un solo paso de manufactura.

En este proyecto usamos los componentes estándar que son aquellos comunes a más de un soporte, ahora bien que dos soportes con un número idéntico de partes, difirieron en el tiempo de ensamble requerido por un factor de dos o tres. Esto se debió a que el tiempo real para orientar e insertar una parte, dependió de la geometría de esta y de la trayectoria requerida para su inserción.

Según Boothroyd Dewhurst ¹², las características ideales de una parte para un ensamble son:

La parte se inserta desde arriba del ensamble. Al utilizar este atributo para todas las partes, el ensamble nunca se invirtió, la gravedad ayudo a estabilizar el ensamble y por lo general pudimos ver la ubicación del ensamble.

La parte se auto alinea. Las partes que requirieron un posicionamiento preciso para su ensamble, necesitaron movimientos lentos y precisos por parte nuestra, por lo que las partes y los sitios los diseñe para que se auto alinearan, de tal forma que no se requirió de un procedimiento preciso. En el taller de fabricación, se usaron, para la elaboración de los soportes, las siguientes maquinarias:

¹² *Integrated Intelligent Systems for Engineering Design.* Escrito por Xuan F. Zha, Robert J. Howlett. 1989

- Máquinas de control numérico computarizado: 2 fresadoras y 2 tornos.
- Máquinas convencionales: 3 tornos, 2 fresadoras, 3 rectificadoras.
- Laboratorio de control de calidad y equipo complementario.
- Herramienta convencional.

Para la fabricación de los soportes se realizó bajo una serie de pasos, con el método de fabricación usado para los soportes de pantallas, los cuales se presentan en el siguiente diagrama:

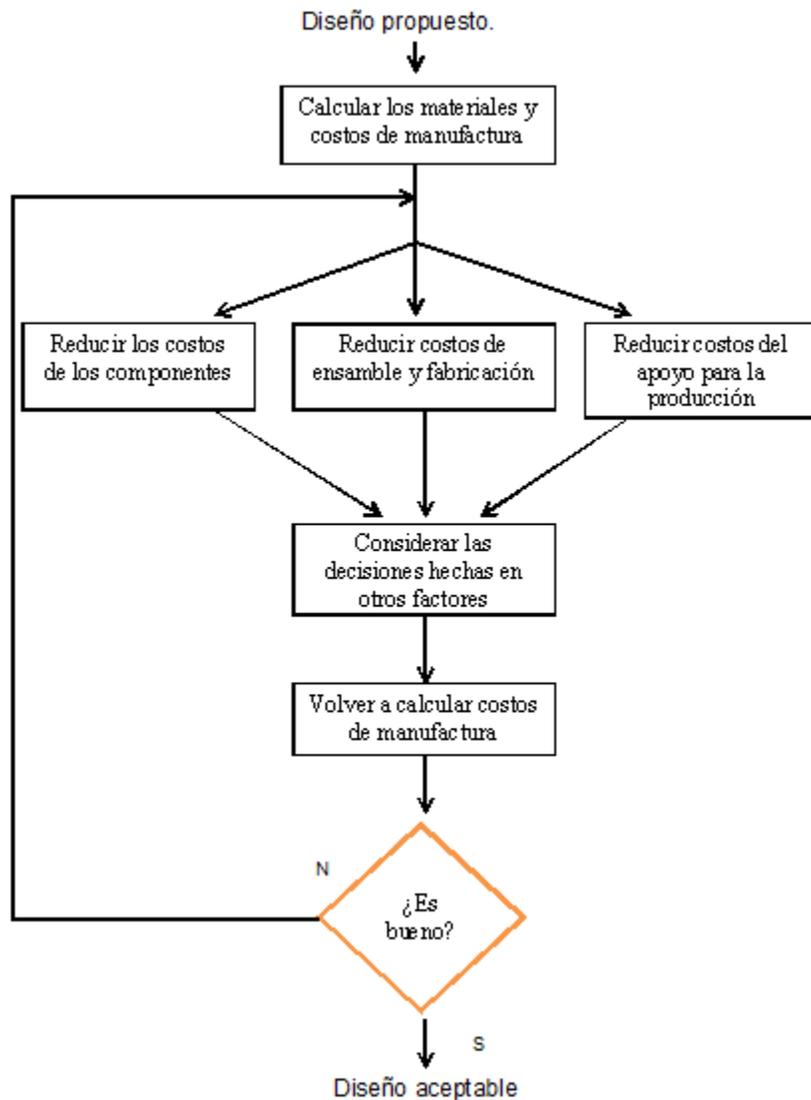


Diagrama 3.2. Método de fabricación usado para los soportes de pantallas de información.

Del mismo modo se realizó un modelo simple del proceso de fabricación que se siguió:

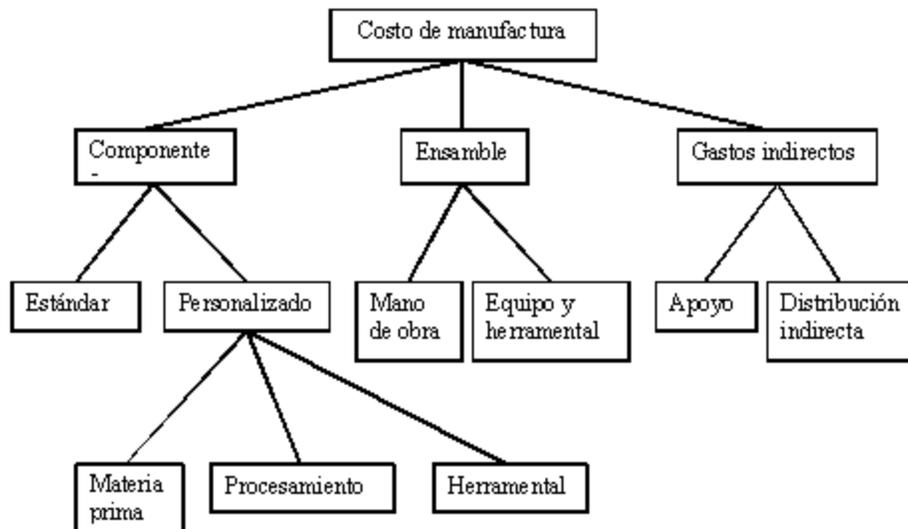


Diagrama 3.3. Modelo del proceso de fabricación de los soportes de pantalla de información.



Figura 3.28. Algunos ejemplos de cómo se fabricaron los soportes, fotografías tomadas dentro del taller de producción. Del lado izquierdo muestra el ensamble del Soporte Larguero. Del lado derecho se muestra el ensamble del Soporte Kiosco.

La lista de materiales forma un papel importante para la fabricación, pues a partir de ella y con planos, se puede guiar en la fabricación de cada una de las partes que conforman los soportes.

A continuación se muestra un ejemplo de las características de los materiales, así como el pedido hecho en DIMITEC:

LISTADO DE PIEZAS-SOPORTE HEXAGONAL A TECHO (KIOSKO)				
<i>Plano en archivo: Soportes AICM 16 nov</i>				
Tipo	Nombre	Descripción	Piezas p/1 soporte	Piezas p/7 soportes
SopORTE de pantalla	Placa	Placa espesor 3/16" Acero inox (970 mm x 196 mm)	6	42
Estructura	Brida para sujecion a placa	Ø exterior 99,5 mm, Ø int 60,32 8 mm c/barreno Ø7 mm x4 espesor 1	3	21
	Tubo a placa	Tubo 2" Ced 30 acero inox de 790,6 mm longitud	3	21
	Tubo a techo	Tubo 3" Ced 30 acero inoxidable	1	7
	Cartabon	Cartabon para poste espesor 3/16" de 200 mm x 60 mm	3	21
	Brida sujecion a techo	Ø ext 186,9071 mm Øint 88,9 mm c/barreno Ø20x4 espesor 12mm.	1	7
	Lámina	Lámina inoxidable Cal 18 inferior tres lados c/R987,4 mm	1	7
	Cartabon p/placa	Espesor 3/16", L=118,2 mm y R384,5 mm.	6	42
	Placas p/ cartabon	Espesor 3/16" 118,2 mm x 50 mm.	12	84

Tabla 3.5. Listado de piezas y materiales para la fabricación. Formato de DIMITEC.

PEDIDOS DE MATERIALES -	
<i>SopORTE hexagonal kiosko</i>	
Materiales	PEDIR
Placa acero inoxidable tipo 304 espesor 3/16" (122 x 305 cm.)	2 Placas
Placa acero inoxidable tipo 304 espesor 3/16" (91 x 244 cm.)	1 Placa
Tubular redondo de acero inoxidable de 2" Cedula 30	3 Tramos de 6 m.
Tubular redondo de acero inoxidable de 3" Cedula 30	3 Tramos de 6 m.
De las placas hay que verificar si hay en existencia, cuanto cuestan	
Se hace el pedido y se envían para que se realicen	
los cortes (42 piezas de 200 mm x 980 mm)	
Los tubulares se hace el pedido	
PEDIDOS DE MATERIALES	
<i>SopORTE de 1 pantalla a piso Totem</i>	
Materiales	PEDIR
Tubo mecánico Cedula 30 de 2"	16 Tramos de 6 m.

Tabla 3.6. Pedidos de materiales para los soportes, en este caso materiales para el soporte kiosko y soporte tótem. Formato de DIMITEC.

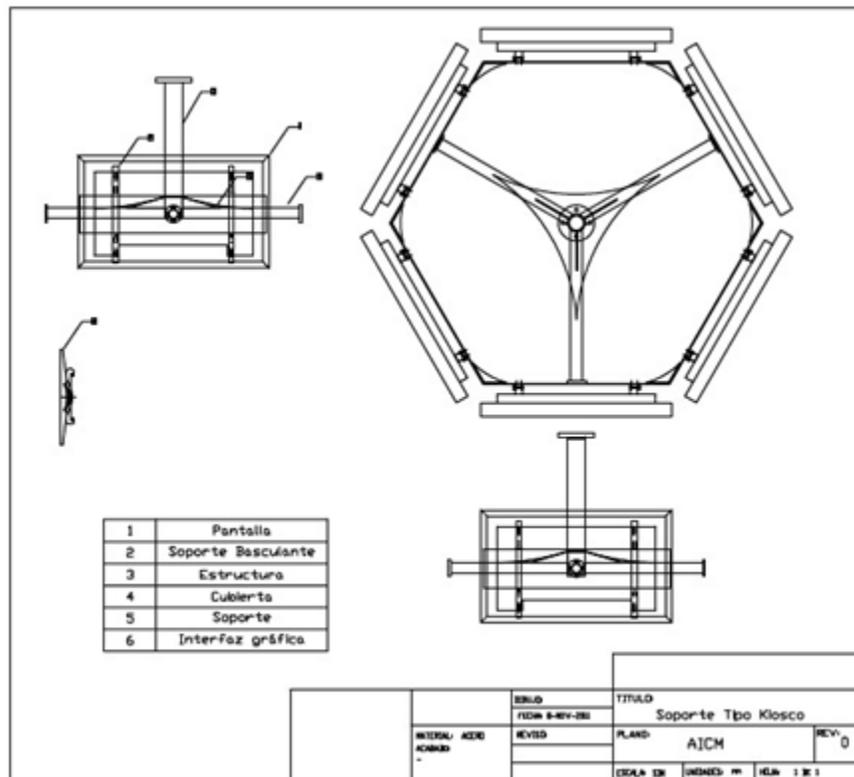
3.6.1. Planos.

Una parte importante para la fabricación, son los planos de diseño, estos nos darán las características principales, como las dimensiones, calibres, etc. Y nos ayudaran en el ensamble de los soportes.

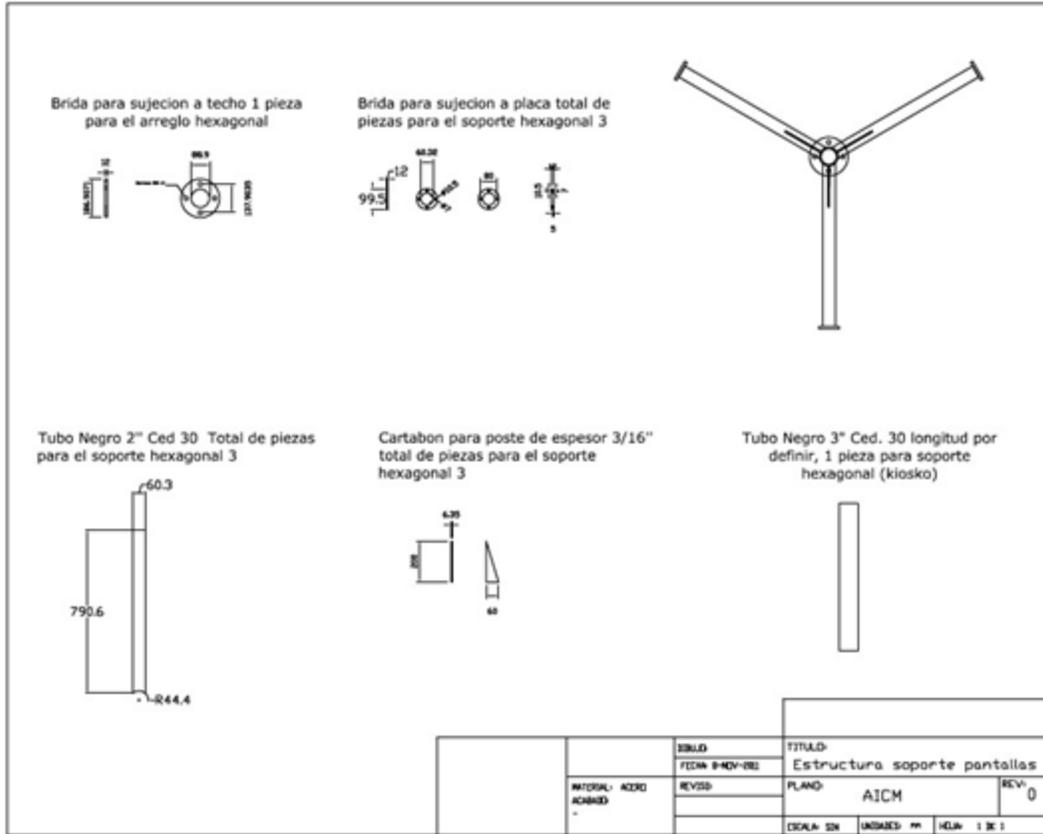
Una característica de estos planos es el buen diseño respecto a dimensiones estándar de proveedores, lo que nos llevó a ser más fácil y con menos tiempo el desarrollo del proyecto.

En las siguientes figuras se muestran algunos de los planos de ensamble así como las piezas de cada soporte con sus respectivas características y materiales a fabricar.

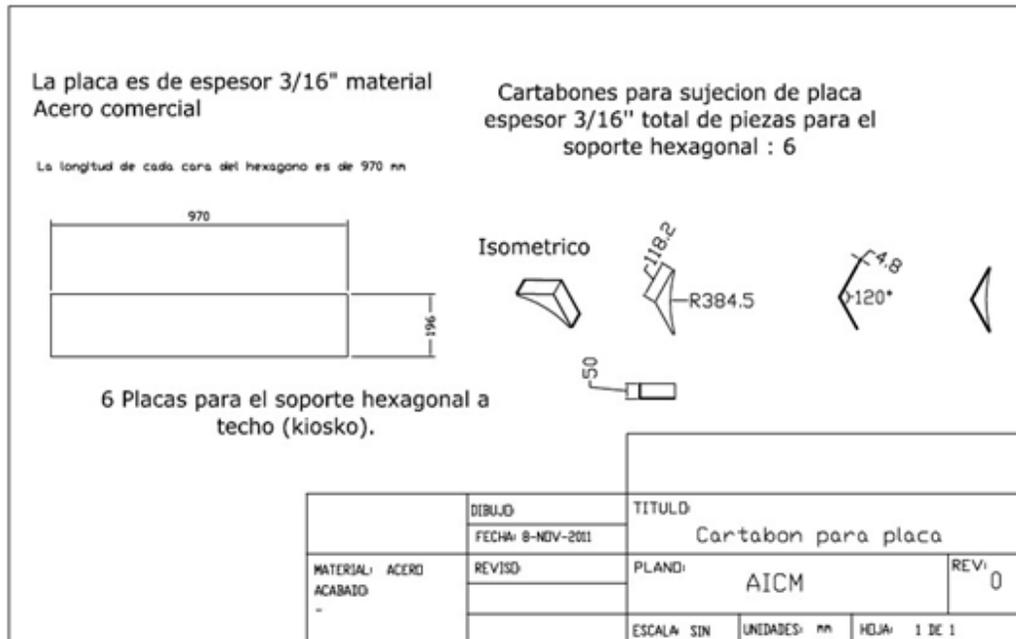
3.6.1.1. Plano ensamble y piezas Soporte Hexagonal Kiosco.



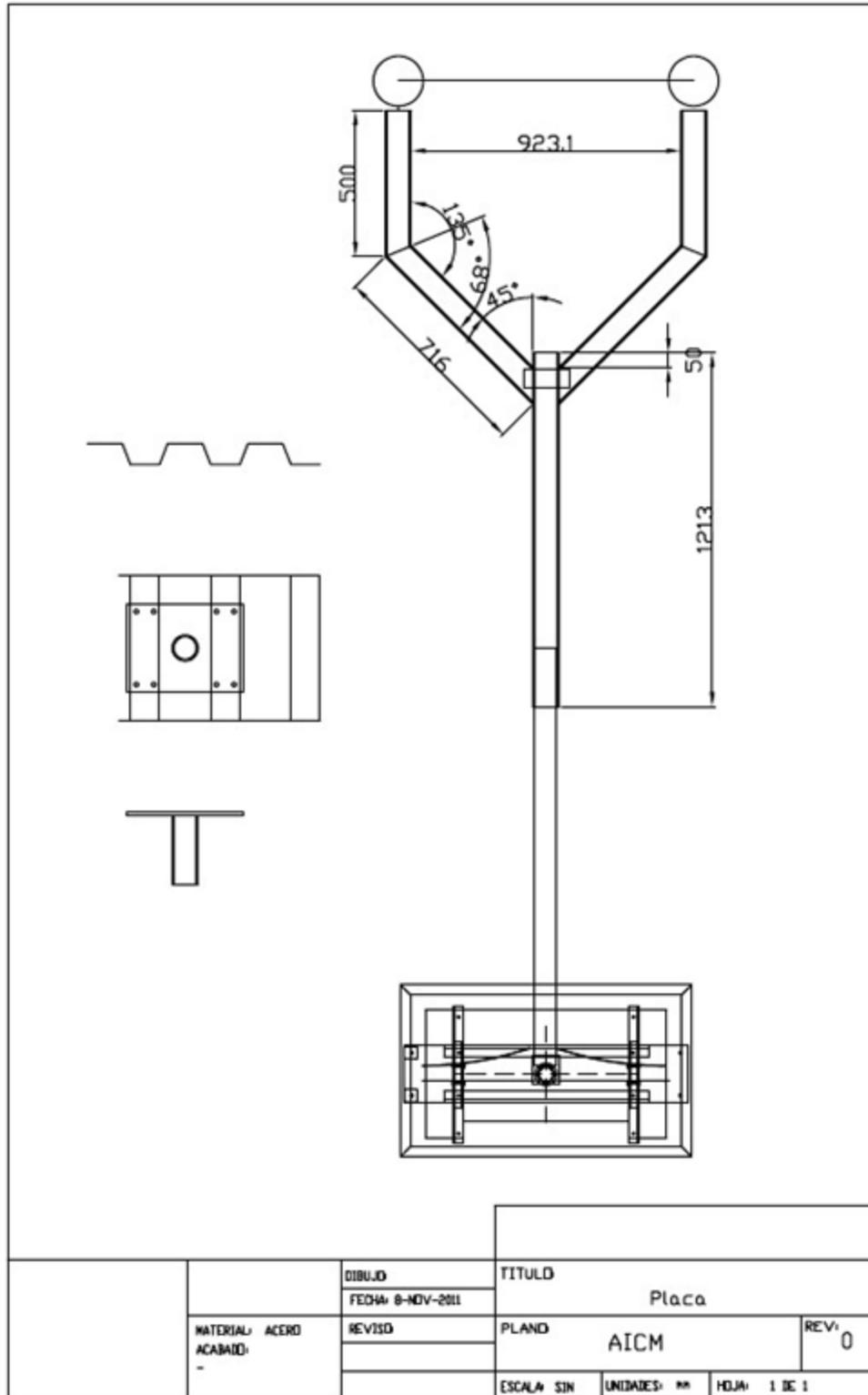
Plano 3.1. El plano muestra el ensamble del soporte hexagonal kiosco. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.



Plano 3.2. El plano muestra la brida, los tubulares que conforman el soporte hexagonal kiosco. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

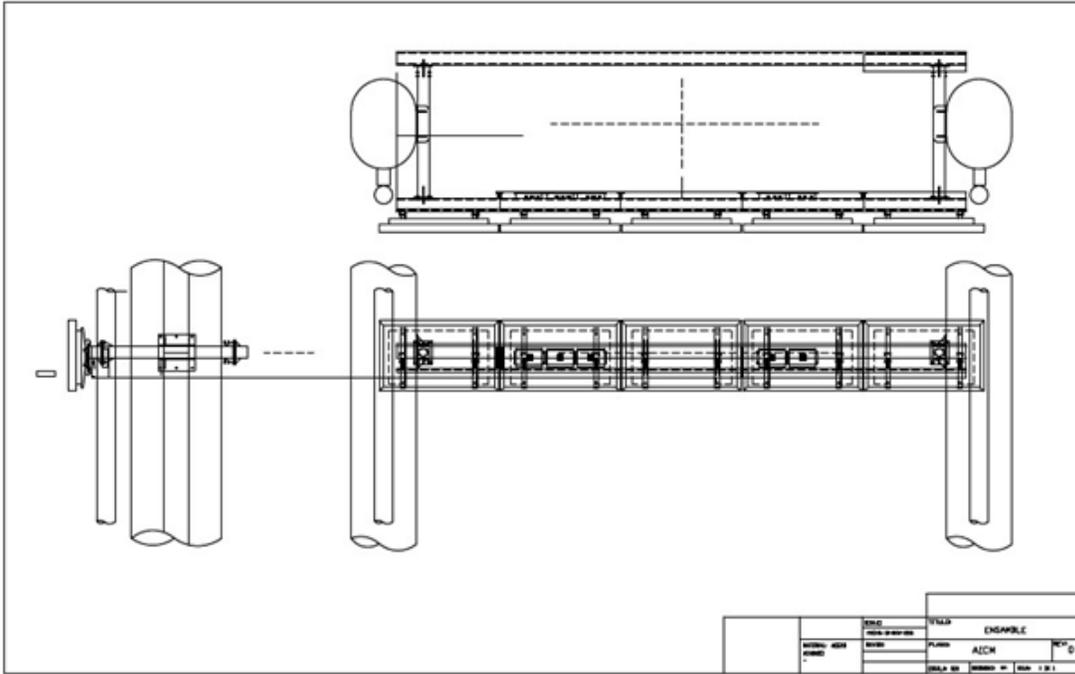


Plano 3.3. El plano muestra la placa que soporta las pantallas y los cartabones para sujeción de placa para el soporte hexagonal kiosco. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

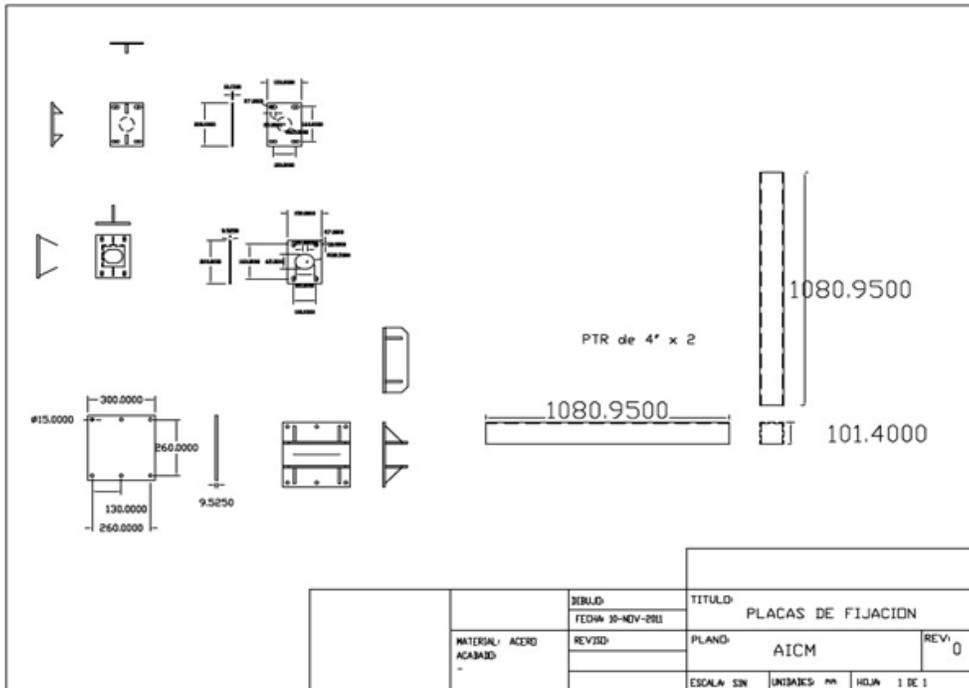


Plano 3.4. El plano muestra el soporte especial para la sujeción a tubulares para el soporte hexagonal kiosco. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

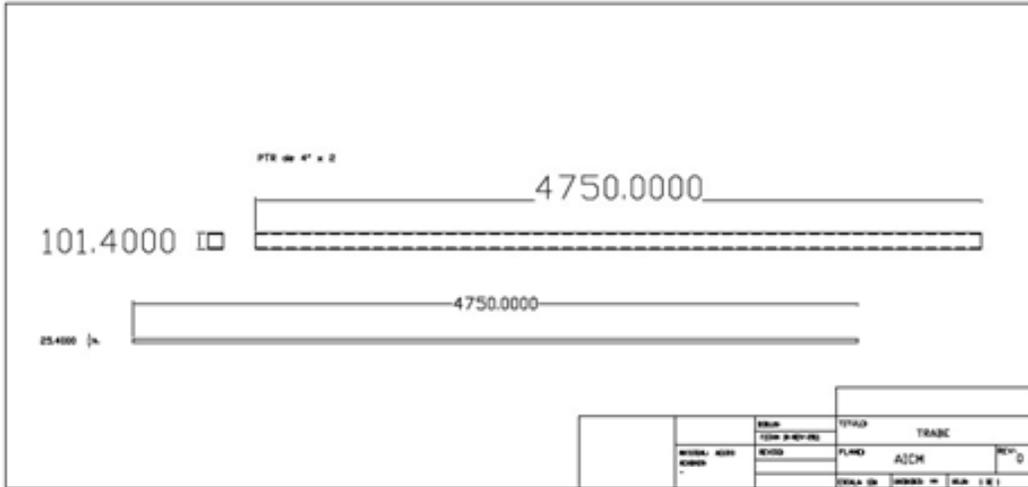
3.6.1.2. Plano ensamble y piezas Soporte Larguero de 10 y 5 pantallas.



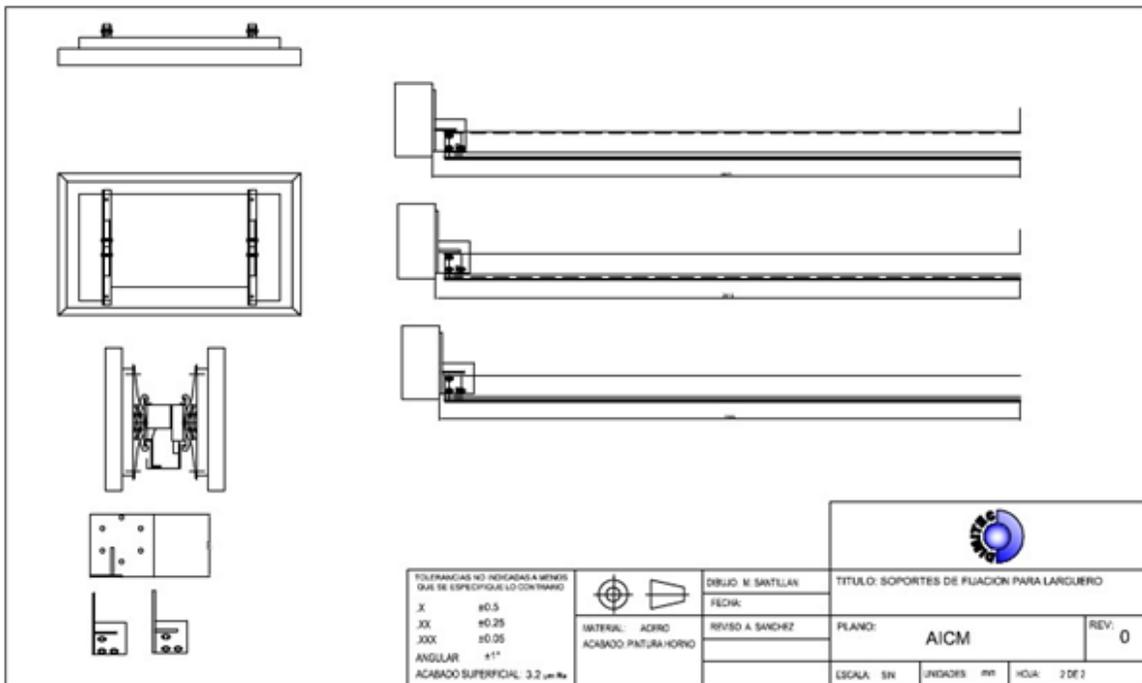
Plano 3.5. El plano muestra el ensamble para el soporte Larguero de 10 pantallas entre pilares. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.



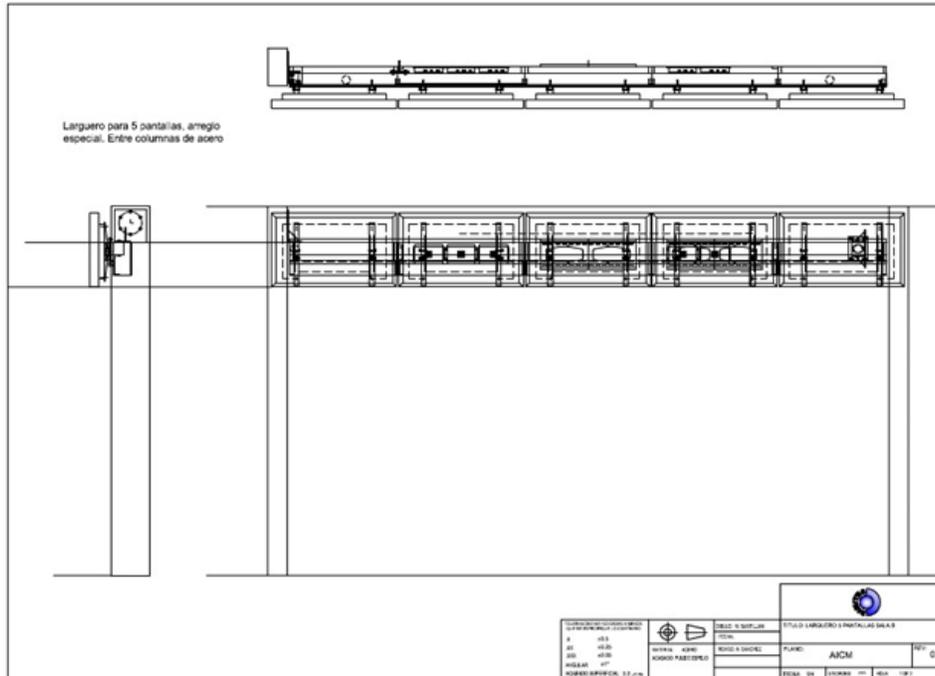
Plano 3.6. El plano muestra las placas de fijación, los PTR para los montantes del soporte Larguero de 10 pantallas entre pilares. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.



Plano 3.7. El plano muestra el PTR para el soporte Larguero de 10 o 5 pantallas entre pilares y/o columnas de acero. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

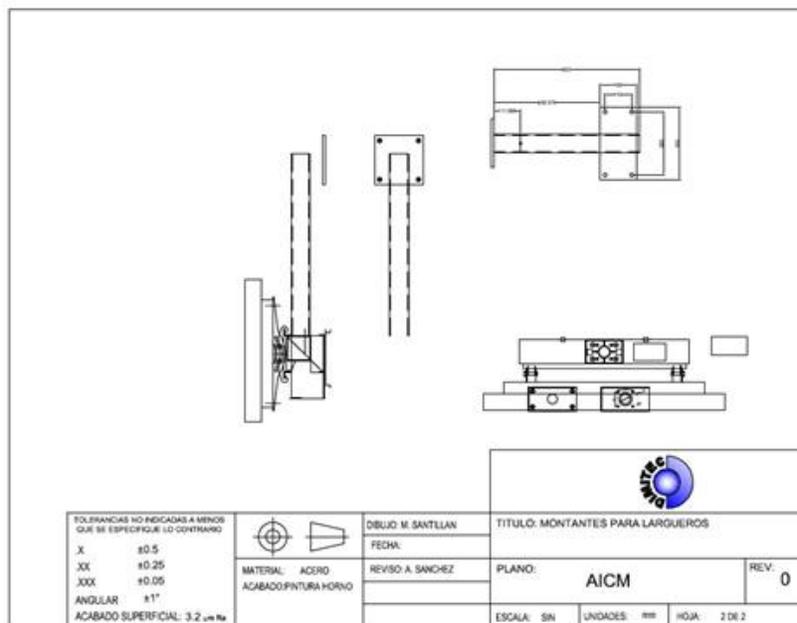


Plano 3.8. Plano de ensamble del soporte larguero con placa de acero para fijación entre columnas de acero (este larguero puede llevar 5 o 10 pantallas). Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

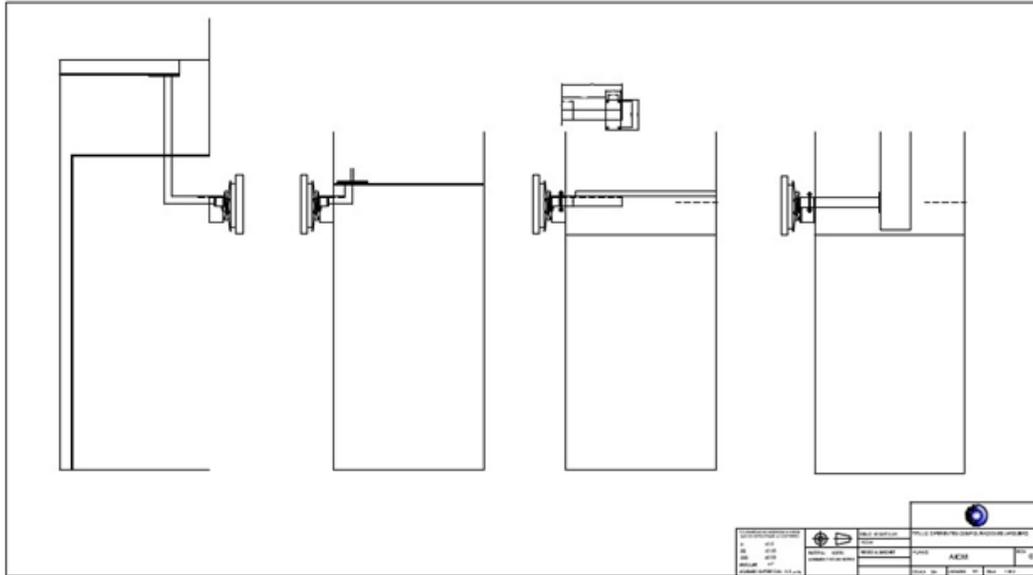


Plano 3.9. Plano de ensamble del soporte larguero con placa de acero para fijación entre columnas de acero. Este plano muestra 5 pantallas en el soporte larguero. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

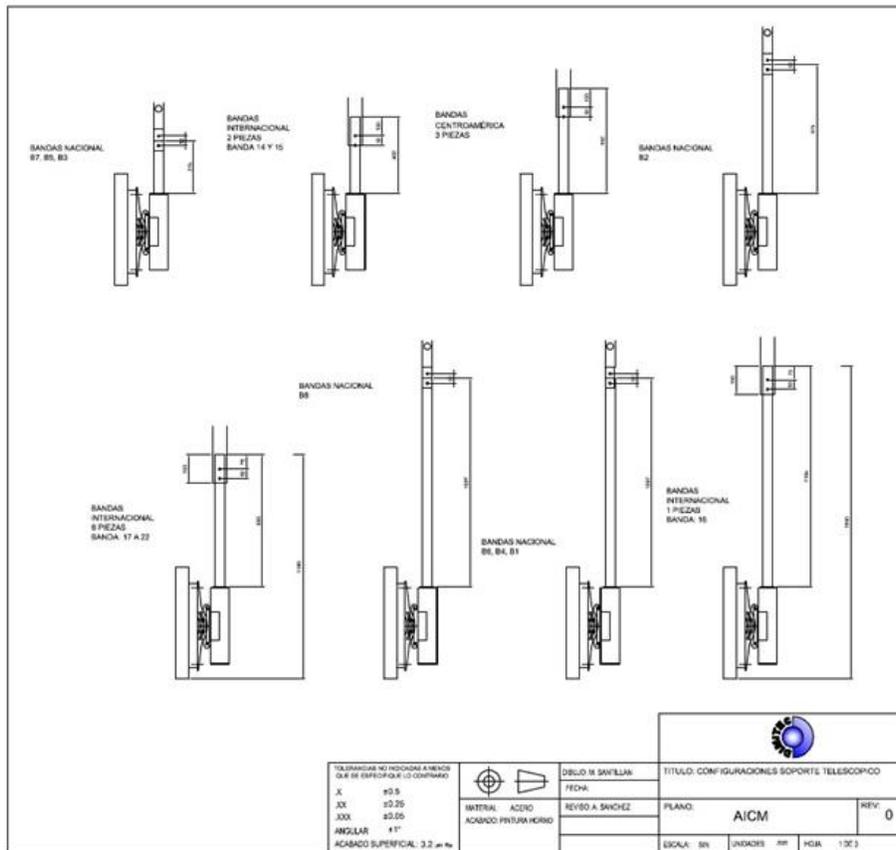
3.6.1.3. Plano ensamble y piezas Soporte Telescópico de una o dos pantallas.



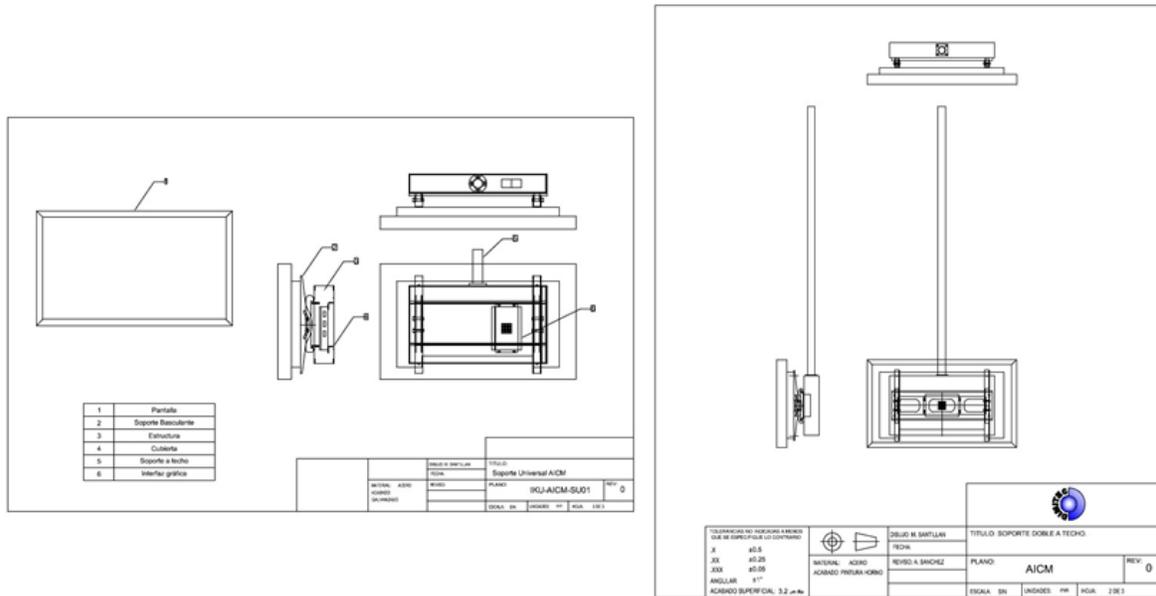
Plano 3.10. Plano de ensamble del soporte telescópico con fijación a techo, soporte para una pantalla. Estos soportes se colocaron en las bandas de recolección de equipaje. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.



Plano 3.11. Plano que muestra las fijaciones especiales para estos soportes telescópicos. Estos soportes se colocaron en las bandas de recolección de equipaje. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

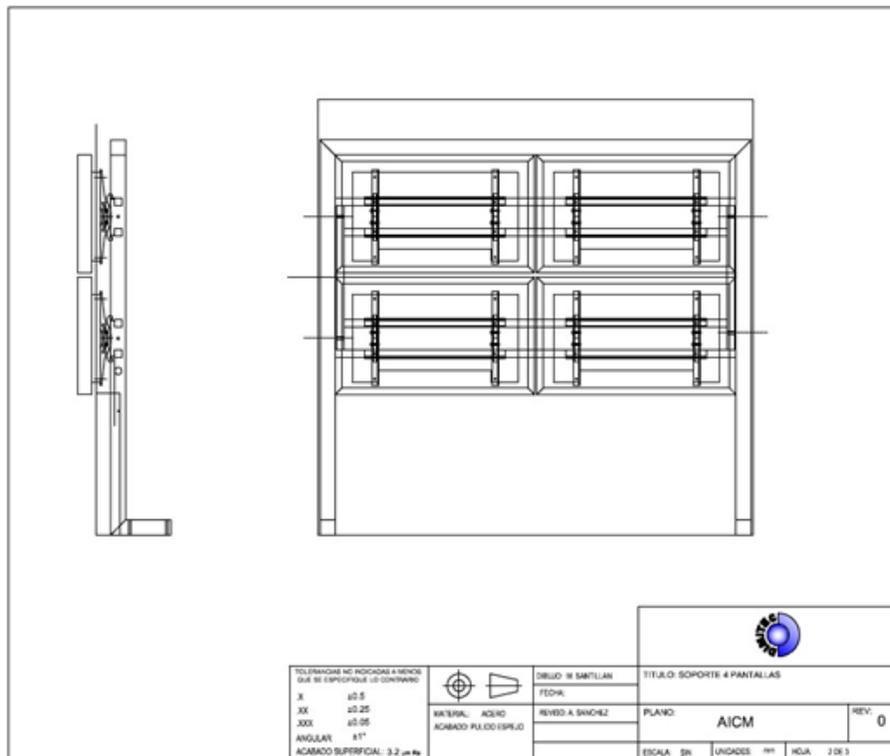


Plano 3.12. Plano que muestra las diferentes alturas del poste móvil para los soportes telescópicos. Estos soportes se colocaron en las bandas de recolección de equipaje. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

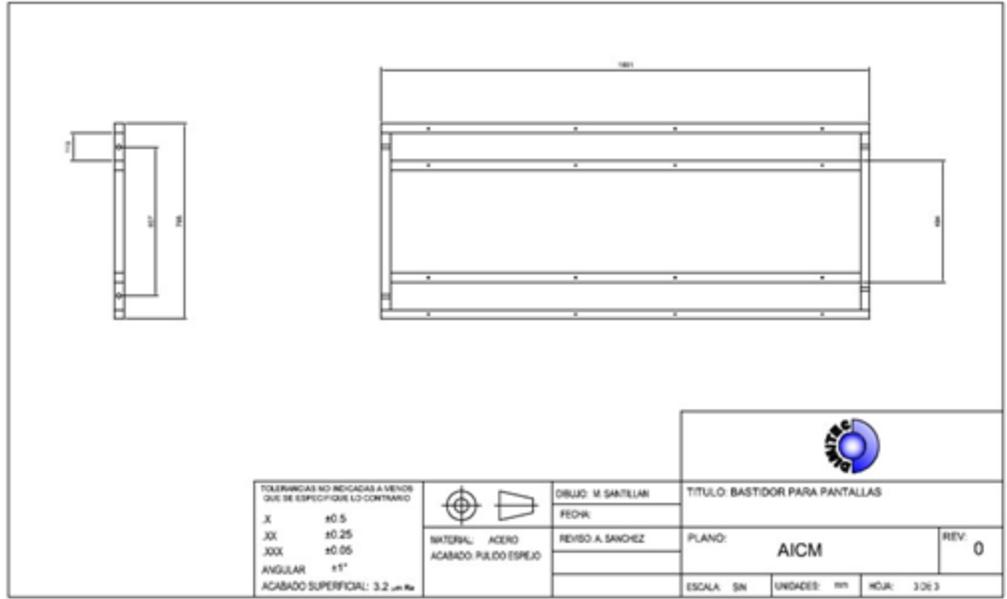


Plano 3.13. En los planos se muestra el ensamble de la caja universal con las placas de fijación con el poste móvil a techo. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

3.6.1.4. Plano ensamble y piezas Soporte para 4 u 8 pantallas.

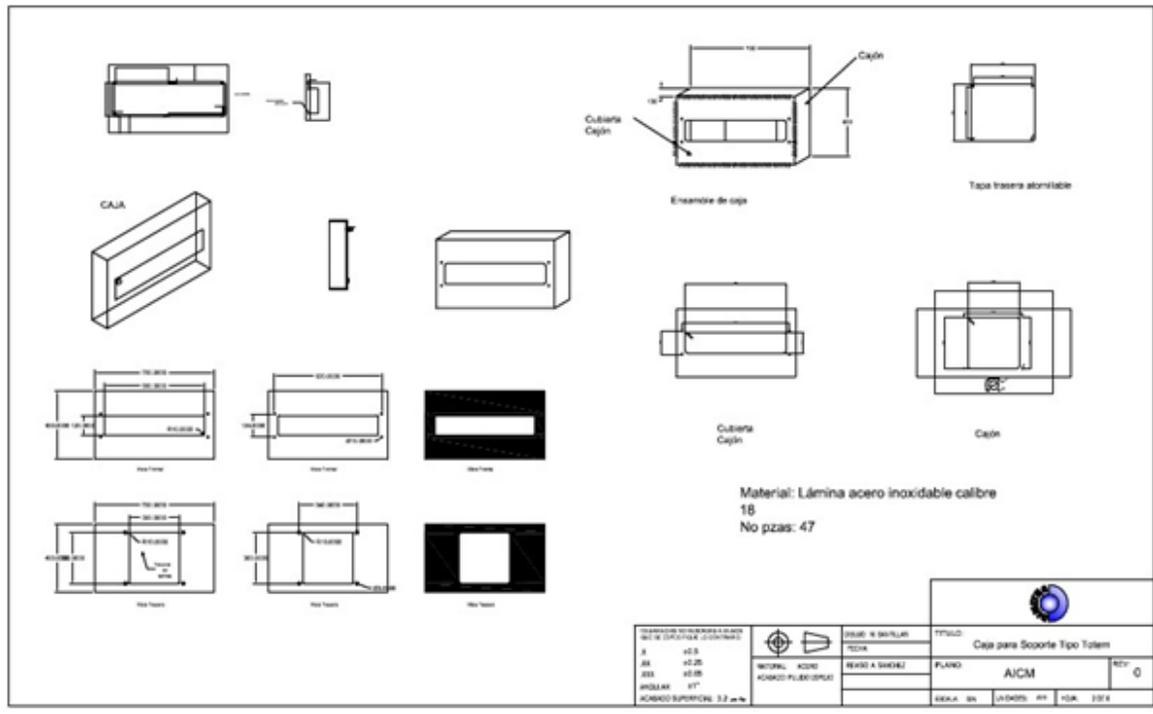


Plano 3.14. Plano que muestra el ensamble para el soporte de 4 pantallas. Es el mismo soporte universal para el de 8 pantallas fabricado en PTR de acero inoxidable tipo A304. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

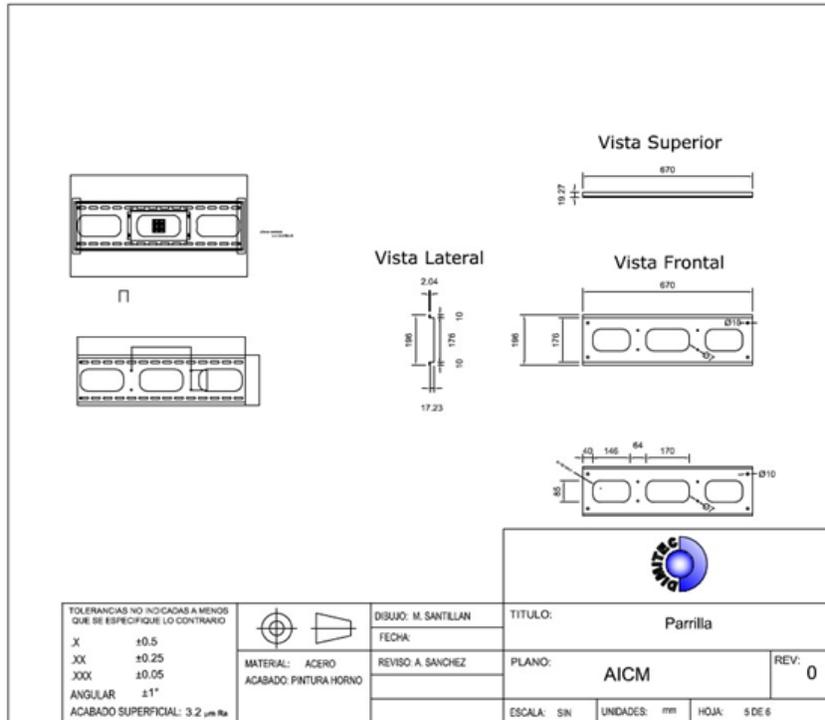


Plano 3.15. Plano que muestra el bastidor colocado dentro del marco de acero inoxidable para los soportes de 4 u 8 pantallas, es el mismo para los dos soportes, fabricado de acero mecánico A 36 con acabado de pintura horneada. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

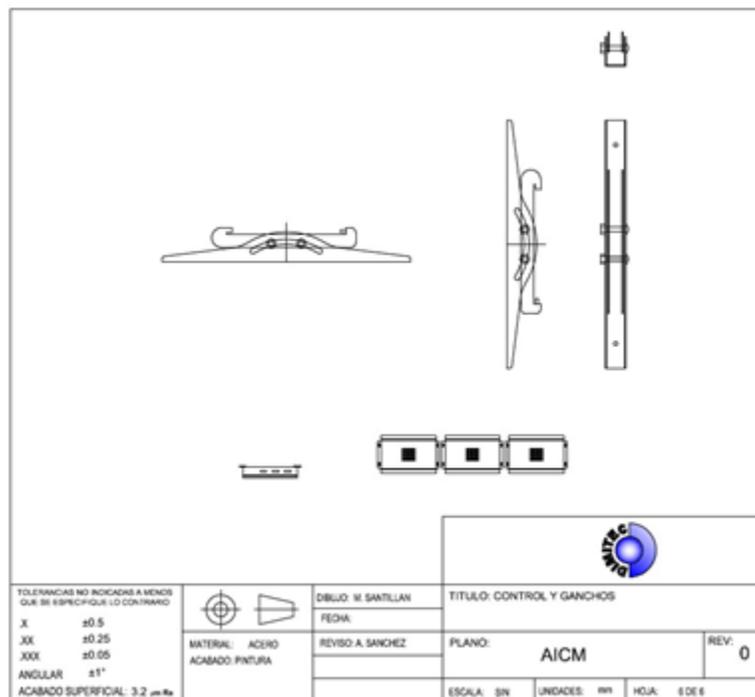
3.6.1.5. Plano ensamble y piezas de la caja Universal para todos los soportes excepto soporte kiosco y soporte para 4 u 8 pantallas.



Plano 3.16. Plano que muestra el desarrollo, fabricación y ensamble para la caja universal utilizada en la mayoría de los soportes, la cual soporta la pantalla, fabricada de lámina de acero inoxidable tipo A 304. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

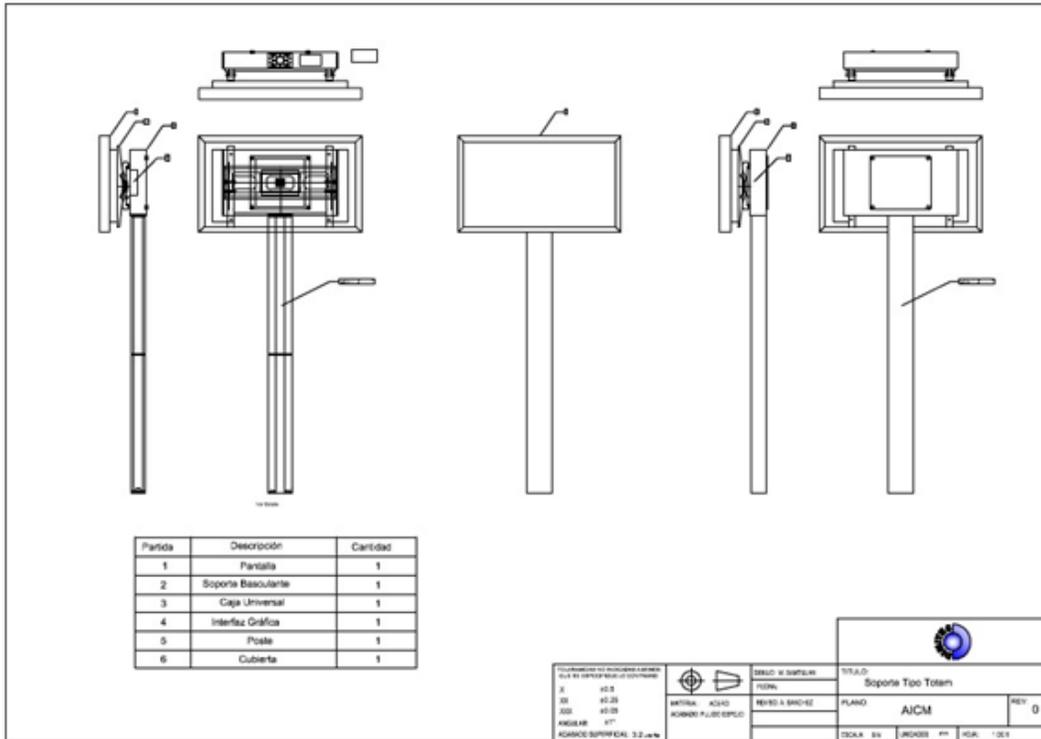


Plano 3.17. Plano que muestra la fabricación de la placa fijada a la caja universal cuyo propósito es soportar los ganchos que se fijan a la pantalla. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

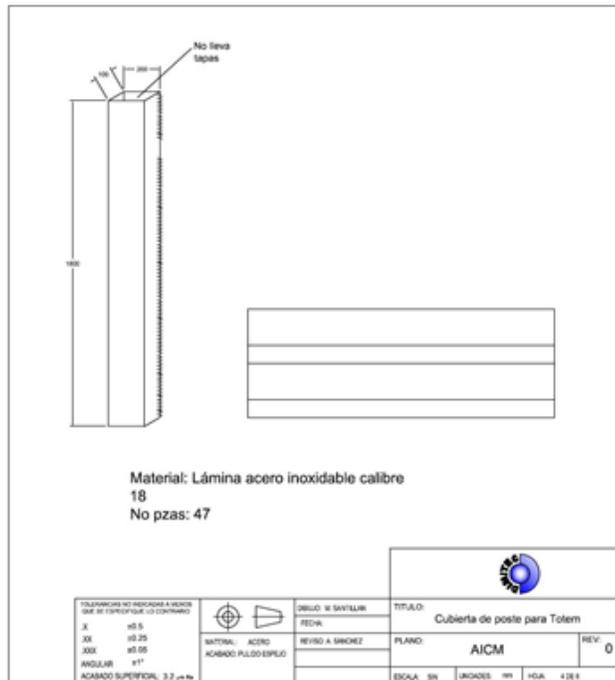


Plano 3.18. Plano que muestra el ensamble del gancho que se fija a la pantalla. Estos ganchos le dan soporte e inclinación a la pantalla. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.

3.6.1.6. Plano ensamble y piezas del soporte tótem.



Plano 3.19. Plano que muestra el ensamble del soporte tipo tótem. Plano elaborado en AUTOCAD 2010.



Plano 3.20. Plano de la cubierta del poste del soporte tótem, fabricada de lámina de acero inoxidable tipo A 304. Plano elaborado en AUTOCAD 2010

3.6.2. Montajes.

Por último es necesario establecer el tipo de montaje para la fabricación de los soportes, esta información se hizo en base a un levantamiento hecho en el Aeropuerto, se tomaron fotografías y mediciones respectivas para cada soporte, a continuación se muestra un resumen en una tabla de esta información:

MONTAJES DE HEXAGONALES A PLAFÓN FORJADO		
		E1 F3
	Altura del Plafón	384 535
	Altura hasta Forjado	520 705
	Dist Plafón - Forjado	136 170
	Gap	15 15
	Altura de Poste Fijo	121 155
	Altura de Piso a Pantalla	235 235
	Dist base Pantalla Plafon	149 300
	Dist base Pantalla centro hex	28 28
	Dist de ensamble de tubos	20 20
	Altura de Poste Móvil	156 307

cantidad	descripción	proveedor			
2	Placa 3/8" de 40 x 30cm				
1	Tubo 3" ced 40 (DE 3.5", DI 3.07") long 3m				
El tubo que embona aquí es el tubo 3" calibre 14 ó 16					
Tubos negros					
	diametro ext	pared	diam int	diametro ext	
	3" ced 30	3.5	0.125	3.25	
	3" ced 40	3.5	0.216	3.068	0.193

MONTAJES DE 5X A PLAFÓN FORJADO		
	FFP	
	Altura del Plafón	380
	Altura hasta Forjado	523
	Dist Plafón - Forjado	143
	Gap	15
	Altura de Poste Fijo	128
	Altura de Piso a Pantalla	235
	Dist base Pantalla Plafon	145
	Dist base Pantalla centro hex	37
Dist de ensamble de tubos	20	
Altura de Poste Móvil	143	

cantidad	descripción
2	Placa 3/8" de 40 x 30cm
1	Tubo 3" ced 40 (DE 3.5",DI 3.07") long 2.5m

MONTAJES DE 5X A IPR



	FF1	FF2	FF3
Altura del Plafón	358	388	388
Altura hasta IPR	464	476	476
Dist Plafón - IPR	106	88	88
Gap	15	15	15
Altura de Poste Fijo	91	73	73
Ancho de IPR	18	18	18
Altura de Piso a Pantalla	235	235	235
Dist base Pantalla Plafón	123	153	153
Dist base Pantalla centro hex	37	37	37
Dist de ensamble de tubos	20	20	20
Altura de Poste Móvil	121	151	151

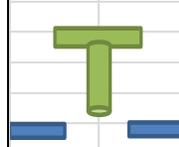
cantidad	descripción
6	Placa 1/4" de 18 x 30cm
1	Tubo 3" ced 40 (DE 3.5",DI 3.07") long 5m

MONTAJES DE HEXAGONALES A TUBO

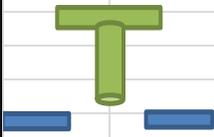


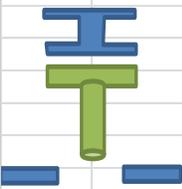
	F1	F2
Altura de Araña	590	590
Distancia de Araña - tubo fijo	50.6	452
Altura del poste Móvil	143	143
Traslape de poste móvil y fijo	20	20
Altura de Piso a Pantalla	235	235
Dist base Pantalla al inicio tubo	30	30

MONTAJES DE BANDAS A TUBO EXISTENTE



	CENTROAMÉRICA			INTERNACIONAL					
	B10	B11	B12	B17	B18	B19	B20	B21	B22
Altura de Poste Móvil	55	55	55	70	70	70	70	70	70
Altura de Poste Móvil	116	40	40						

MONTAJES DE BANDAS NACIONAL						
			NACIONAL			
			B8	B7	B5	B3
	Altura de Poste Fijo		25	25	25	25
	Altura de Poste Móvil		110	28	28	28
			NACIONAL			
			B6	B4	B1	B2
Altura de Poste Fijo		25	25	25	25	
Altura de Poste Móvil		110	110	110	68	

MONTAJES DE HEXAGONALES A IPR								
			E2	E3	G	IX 1	IX 2	V
	Altura del Plafón		387	387	387	472	472	498
	Altura hasta IPR		462	452	449	633	625	630
	Dist Plafón - IPR		75	65	62	161	153	132
	Gap		15	15	15	15	15	15
	Altura de Poste Fijo		60	50	47	146	138	117
	Ancho de IPR		18	35.5	35.5	18	18	18
	Altura de Piso a Pantalla		235	235	235	235	235	235
	Dist base Pantalla Plafon		152	152	152	237	237	263
	Dist base Pantalla al inicio tub		31	31	31	31	31	31
	Dist de ensamble de tubos		20	20	20	20	20	20
	Altura de Poste Móvil		156	156	156	241	241	267

cantidad	descripción
2	Placa 3/8" de 35.5 x 30cm
1	Placa 3/8" de 18 x 30cm
1	Tubo 3" ced 40 (DE 3.5",DI 3.07") long 1.5m

4. Resultados.

4.1 Análisis de los resultados obtenidos.

4.1.1. Costo.

Es fundamental hacer una hoja de costos al diseñar un soporte. Esta le da información al departamento comercial de una empresa para analizar la factibilidad de desarrollar el proyecto.

En la siguiente tabla se muestra la hoja de costos del proyecto.

Parte: Caja Sencilla En Acero Inoxidable (La doble debe tener menor costo)			
<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
Caja en Acero Inoxidable	1	pieza	\$2,300.00
Piezas adicionales	1	juego	\$500.00
Placa de Soporte	1	pieza	\$500.00
negociar el precio, si la lámina sale a 4,500, salen 3 piezas.			\$1,500.00

Parte: Caja Sencilla En Acero Pintado			
<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
Caja en Acero Pintado	1	pieza	\$1,500.00
Piezas adicionales	1	juego	\$500.00
Placa de Soporte	1	pieza	\$500.00

Parte: Tubo para colocación a Techo			
<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
Tubo de 2" Acero Inoxidable 3m	1	pieza	\$388.67
Brida Inox.	2	pieza	\$250.00

Parte: Postes para colocación a Piso (Inoxidable)

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
Tubo de 2" Acero Inox. 2m	2	pieza	\$259.11
Brida Inox.	2	pieza	\$250.00

--	--	--	--

Parte: Tótem completo forrado, según precios por lámina de 4,500 trabajada, angosto

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
PTR de 2" x 2" 2m	1	pieza	\$250.00
Tótem y caja	1	pieza	\$3,000.00
Piezas adicionales	1	juego	\$500.00
Placa de Soporte	1	pieza	\$500.00
Con el pedestal pequeño salen 3 piezas de 2 láminas		3000	

--	--	--	--

Parte: Tótem completo forrado, según precios por lámina de 4,500 trabajada - Grande

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
PTR de 2" x 2" 2m	1	pieza	\$250.00
Tótem y caja	1	pieza	\$3,400.00
Piezas adicionales	1	juego	\$500.00
Placa de Soporte	1	pieza	\$500.00
Con el pedestal grande salen 4 piezas de 3 láminas		3375	

--	--	--	--

Parte: Estructura HH para 4 pantallas INOX

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
PTR Inox. 3x3" longitud 8m	1.5	pieza	\$5,873.57
Piezas adicionales	1	juego	\$1,000.00

--	--	--	--

Parte: Estructura H para 4 pantallas INOX

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
PTR Inoxidable 3x3" long 8m	1	pieza	\$3,915.71
Piezas adicionales	1	juego	\$1,000.00

--	--	--	--

Parte: Estructura H para 4 pantallas INOX sin cajas + faldón			
<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
PTR Inox 3x3" long 8m	1	pieza	\$3,915.71
Placa 3/16" inox	2	pieza	\$2,129.36
una caja de inox para ctss			
Piezas adicionales	1	juego	\$1,000.00

Parte: Estructura Kiosco			
<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo</i>
Tubo Inox 3" long 6m	1	pieza	\$1,026.22
Placa 3/16" inox	0.5	pieza	\$3,247.27
Tubo inox 2" long 3m	0.5	pieza	\$496.10
Piezas adicionales	1	juego	\$1,000.00

Precios de materiales	Tipo de cambio			13.6
<i>Descripción</i>	<i>Precio</i>	<i>Moneda</i>	<i>Precio/</i>	<i>Precio</i>
Tubo red Inox 2" cal 18 long. 6.1m	9.37	usd	metro	\$777.34
Tubo red Inox 2" cal 16 long. 6.1m	11.96	usd	metro	\$992.20
Tubo red Inox 3" cal 18 long. 6.1m	11.37	usd	metro	\$943.26
Tubo red Inox 3" cal 16 long. 6.1m	12.37	usd	metro	\$1,026.22
PTR Inox 2x2" ced 11 (3.1mm) long. 6.1m	25.9	usd	metro	\$2,148.66
PTR Inox 2x4" ced 11 (3.1mm) long. 6.1m	47.05	usd	metro	\$3,903.27
PTR Inox 3x3" ced 11 (3.1mm) long. 6.1m	47.2	usd	metro	\$3,915.71
PTR Inox 4x4" ced 11 (3.1mm) long. 6.1m	62.6	usd	metro	\$5,193.30
Placa 3/16" Inox 122x244cm	3.79	usd	Kg	\$6,494.54
Lámina Inox cal 14 122x244cm	4.6	usd	Kg	
PTR acero 2x2" ced 11 (3.1mm) long. 6.1m	250	pesos	tramo	\$250.00

Soporte:	2 pantallas a Techo			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$4,816.97	\$6,240.00	20	\$1,423.03	\$124,800.00
Soporte:	1 pantalla a piso con 2 tubos (como era antes)			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$4,667.98	\$6,240.00	47	\$1,572.02	\$293,280.00
Soporte:	1 pantalla a piso con pedestal pequeño			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$4,887.50	\$7,900.00	47	\$3,012.50	\$371,300.00
Soporte:	1 pantalla a piso con pedestal grande			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$5,347.50	\$8,900.00	47	\$3,552.50	\$418,300.00
Soporte:	Panel de 4 pantallas con cajas acero y 2 tubos inox (como era antes)			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$12,372.98	\$17,200.00	4	\$4,827.02	\$68,800.00
Soporte:	Panel de 4 - Estructura HH inox + 4 cajas inox			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$23,084.60	\$33,800.00	4	\$10,715.40	\$135,200.00
Soporte:	Panel de 4 Estructura HH Inox + 4 cajas Acero			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$19,404.60	\$29,500.00	4	\$10,095.40	\$118,000.00
Soporte:	Panel de 4 Estructura H Inox + 4 cajas Acero			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$17,153.07	\$25,700.00	4	\$8,546.93	\$102,800.00
Soporte:	Panel de 4 Estructura H Inox + 4 cajas Acero			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$10,976.83	\$17,200.00	4	\$6,223.17	\$68,800.00
Soporte:	Kiosco			
Costo Unit	\$ Unit	# Pzas	Utilidad unit	SubT s/iva
\$6,635.03	\$37,776.00	7	\$31,140.97	\$264,432.00

4.2 Interpretación de los resultados obtenidos

El proyecto del Aeropuerto pudo establecer la metodología estructurada de una aplicación de la ingeniería, que es uno de los principales fines que conlleva el desarrollo de una propuesta de diseño.

Por otro lado, los pasos a seguir dentro de la metodología de diseño muestran los puntos mínimos de la fabricación, por lo tanto es importante que la secuencia del proceso sea considerada de una forma cíclica para enriquecer el proyecto.

Hablando de forma específica del proyecto del Aeropuerto, las etapas consideradas de diseño se basan en la experiencia adquirida durante los periodos laborales y académicos con lo que se logra la facilidad de llevar a cabo procesos y proyectos de esta índole en el ámbito profesional.

Es importante el destacar que el desarrollo de este mismo permite vislumbrar lo importante que es una metodología a seguir permitiendo culminar los aspectos teóricos y prácticos que involucran el diseño conceptual.

5. Conclusiones y recomendaciones

Los soportes referidos en este trabajo son para instalar pantallas de información en la terminal 1 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Se consideran diferentes configuraciones en número de pantallas y en forma de montaje, todas a partir de una caja universal y de un larguero.

Se pueden realizar diferentes configuraciones:

- 1 ó 2 pantallas con fijación a techo
- 1 pantalla con fijación a muro
- Kiosco de 6 pantallas con fijación a techo
- 1 ó 2 pantallas con fijación a techo
- 5 ó 10 pantallas con fijación entre columnas.

Para cada uno de éstos montajes se utilizaron postes y estructuras de acero inoxidable. En el caso del kiosco se empleó una estructura combinada de acero al carbón y cubiertas de acero inoxidable.

Para el cálculo de la resistencia de las estructuras de los soportes, se utilizó un cálculo simple de resistencia a la tensión, demostrando que los soportes resisten cargas a la que están sometidos y por ello resiste cada soporte en sus diferentes configuraciones el peso de las pantallas, demostrando que el diseño de los soportes resiste mucho más para lo que se planeó.

El área efectiva, A_e , se decidió al 90%, ya que no se contemplaron para los cálculos tornillería, uniones, ángulos, etc.

También se empleó un cálculo de resistencia en Cantilever común para elementos de estructuras y vigas, para determinar la resistencia de las configuraciones de montajes. Dicho modelo considera los esfuerzos de flexión y tensión que deberá soportar el diseño.

En conclusión los soportes resisten las cargas estáticas a las que están sometidos.

Es importante señalar el tipo de sujeción que se hizo para cada soporte, ya que existen diferentes montajes, por esa razón, se tendrá que hacer un mantenimiento de los soportes marcando un cierto tiempo, debido a que en algunas zonas del Aeropuerto, el piso presenta cierta composición que hace difícil el buen anclaje de los soportes. Por lo que es necesario acudir a ciertos tipos de anclajes químicos y por supuesto, hacer la revisión periódica de estos.

A continuación se detalla el mantenimiento de los soportes.

Los soportes hexagonales "KIOSKO" se montaron en la parte superior del plafón, ya sea a IPR con grapas o a plafón forjado con anclajes HILTI. Este plafón fue cerrado después de su montaje, por lo que se recomienda dejar una tapa cerca del montaje para hacer revisión de las grapas o anclajes 3 meses después de su colocación y posteriormente al año.

Esto con el fin de hacer un análisis de posibles fallas y tener un mejor mantenimiento del montaje del soporte.

Los soportes para 5 pantallas "Larguero" que se montaron a techo a través de IPR, se montaron en la parte superior del plafón, fue cerrado después de su montaje, por lo que se recomienda dejar una tapa en el plafón cerca del montaje para hacer revisión de las grapas 3 meses después de su colocación y posteriormente al año.

Esto con el fin de hacer un análisis de posibles fallas y tener un mejor mantenimiento del montaje del soporte.

Los soportes que se montaron a muro a través de anclajes, se hizo a través del plafón, que posteriormente se cubrió la parte que se destapó para hacer el montaje. Se recomienda dejar una tapa en el plafón cerca del montaje para realizar una revisión de los anclajes 3 meses después de que se cerró y posteriormente al año, esto para verificar el correcto funcionamiento de los anclajes o evitar que con el tiempo se aflojen los anclajes.

Los soportes que se montaron entre columnas de concreto, se recomienda hacer una revisión de los anclajes, así como de la sujeción de los Largueros a los montantes. Esta revisión después de los tres meses de su montaje y posteriormente al año, con el fin de verificar el buen funcionamiento de anclajes y tornillería.

Los soportes que se montaron entre columnas de acero, se recomienda hacer una revisión de los tornillos de alta resistencia que se montaron en la columna de acero, así como hacer una revisión de la tornillería de la estructura después de tres meses de su colocación y posteriormente al año, con el fin de evitar fallas.

Los soportes para 4 pantallas "Travesaño" se montaron a piso mediante anclajes HILTI, se recomienda hacer una revisión del montaje debido a que en algunas partes del piso, presenta estar hueco o bofo, y en algunos casos se presentaba el paso de cables por lo que se tuvo que meter anclajes de longitud más largos para poder tener el agarre adecuado. Esto no implica un buen montaje, por lo que se recomienda hacer la revisión los primeros tres meses después del montaje y posteriormente al año, con el fin de evitar fallas y asegurarse de tener un buen montaje de este soporte.

Los soportes "Tótem" se montaron a piso mediante anclajes HILTI, se recomienda hacer una revisión del montaje debido a que en algunas partes del piso, presenta estar hueco o bofo, y en algunos casos se presentaba el paso de cables por lo que se tuvo que meter anclajes de longitud más largos para poder tener el agarre adecuado. Esto no implica un buen montaje, por lo que se recomienda hacer la revisión los primeros tres meses después del montaje y posteriormente al año, con el fin de evitar fallas y asegurarse de tener un buen montaje de este soporte.

Los soportes de dos pantallas se montaron a techo mediante anclajes HILTI, se recomienda hacer una revisión del montaje, sobre todo en las bandas internacionales, debido a que el montaje se realizó del plafón hacia arriba, que posteriormente se cubrió, se recomienda dejar una tapa en el plafón cerca del montaje para poder revisar los anclajes, esto después de los tres meses del montaje y posteriormente al año.

En los soportes de las bandas nacionales, es a simple vista el montaje a techo, de igual forma se recomienda hacer una revisión de los anclajes en el mismo tiempo que las bandas internacionales.

Bibliografía

Erik Oberg, F. D. (2004). *Machinery's Handbook* (27 th Edition ed.). Industrial Press.

Faires, V. M. (1990). *Diseño de Elementos de Maquinas*. México: UTEHA.

Jorge Alcaide Marzal, J. A. (2004). *Diseño de Producto*. (A. G. Editorial, Ed.) México, Distrito Federal, México: Alfaomega.

Karl T. Ulrich, S. D. (2004). *Diseño y Desarrollo de Productos. Enfoque multidisciplinario* (Tercera Edicion ed.). (P. D. Development, Trad.) México, México: Mc Graw Hill.

Kusiak, A. (1990). *Intelligent Manufacturing Systems*. Prentice Hall.

Anexos

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO, ACERO INOXIDABLE 304

DESCRIPCIÓN

TKM 304, con su contenido de cromo-níquel y bajo carbono, es el más versátil y ampliamente usado de los aceros inoxidable austeníticos. Generalmente conocido como 18-8, ésta aleación ofrece una resistencia a la corrosión superior a las de los tipos 301 y 201.

El tipo 304 tiene excelentes características de embutido y formado, las cuales permiten un mayor embutido profundo que los tipos 301 y 201 sin necesidad de un tratamiento de térmico intermedio. El tipo 304 es dominante en la producción de componentes de aceros inoxidable embutidos. Con un nivel más bajo de carbono que el tipo 302 o 301, la aleación 304 se desarrolló para minimizar la cantidad de precipitación del carburo de cromo y la tendencia de corrosión inter granular en un rango de temperatura de 800 a 1650 °F (426 a 900 °C). Ya que este gradiente de temperatura ocurre en el área adyacente a la zona afectada térmicamente por la soldadura, el 304 es recomendado para la construcción de soldaduras bajo algunas condiciones corrosivas cuando no es posible un recocido después de la soldadura. Cuando calibres gruesos son requeridos en el soldado, es recomendable que se use el grado de nivel más bajo de carbono, el 304 L.

El tipo 304 no exhibe el punto de cedencia en el alargamiento y por eso no es sujeto al efecto formador de bandas de Lüders como lo son los ferríticos. Como resultado, esta aleación puede ser usada en condiciones de recocido sin proceso de Skin Pass (molino templador) correspondientes al acabado mate que otorga propiedades óptimas de embutido.

Ventajas del grado 304

- Alta resistencia a la corrosión
- Excelente formabilidad
 - Facilidad de fabricación
- Facilidad de limpieza
- Buena soldabilidad
- Amplio rango de propiedades mecánicas en condiciones de recocido y trabajado en frío.
- Buena apariencia
- Alta resistencia con bajo peso
- Buena resistencia a temperaturas criogénicas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA, (Porcentaje de peso)

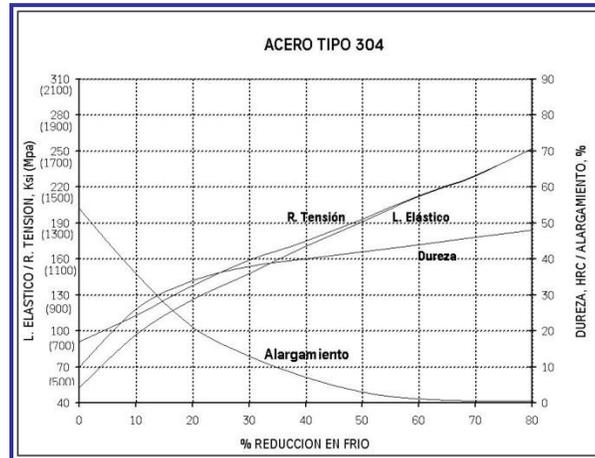
	AISI 304 UNS S30400 ASTM A240	Típico 304 ThyssenKrupp Mexinox.
Carbono	0,08 max.	0.044
Manganeso	2,0 max.	1,30
Fósforo	0,045 max.	0,028
Sulfuro	0,030 max.	0,001
Silicón	0,75 max.	0,36
Cromo	18,0 – 20,0	18,12
Níquel	8,0 - 10,5	8,03
Molibdeno	---	0,19
Nitrógeno	0,10 max.	0,053
Cobre	---	0,28
Hierro	Balance	Balance

PROPIEDADES MECÁNICAS (Condiciones de recocido)

	AISI 304 UNS S30400 ASTM A240	Típicos del 304 ThyssenKrupp Mexinox.
Resistencia Máxima a la Tensión, (MPa) ksi	75 (515) min	95 (655)
Límite Elástico o Esfuerzo de Cedencia al 0.2 %, ksi (MPa)	30 (205) min	46 (317)
Alargamiento % a 2" (50.8 mm)	40 min	57,0
Dureza, Rockwell	B92 max	B84

TRABAJO EN FRÍO

El tipo 304 es muy dúctil y puede ser trabajado fácilmente por reducción en frío. Su deformación a temperatura ambiente produce e incrementa la resistencia acompañado por una disminución en el valor de alargamiento. Una porción de éste incremento en la resistencia su fuerza es causado por una transformación parcial de austenita a martensita durante la deformación. Los datos típicos son mostrados en la siguiente gráfica.



Aleación 304. Efectos del trabajo en frío en sus propiedades mecánicas

MICROESTRUCTURA

El tipo 304 presenta una estructura de grano austenítico equiaxiado uniformemente.



Microestructura típica del tipo 201, 200X. Ataque químico con reactivo glicerregia.

PROPIEDADES FÍSICAS (Condiciones de recocido)

Unidades de las propiedades	Valor
Densidad g/cm ³ (lb/in ³)	8,0 (0,29)
Modulo elástico GPa (106 psi)	193 (28,0)
Resistencia eléctrica n / m	720
Calor específico J/kg*°K (Btu/lb*°F)	500 (0.12)
Conductividad térmica a 100 °C (212 °F) W/m*K (Btu/ft*h*°F)	17,2 (9,6)
Rango de fusión °C (°F)	1400-1450 (2550-2650)

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

El tipo 304 tiene una excelente resistencia a la corrosión en muchos ambientes. Ésta aleación sirve a un amplio rango de ambientes moderadamente oxidantes y moderadamente reductores. Soporta oxidación ordinaria en la arquitectura y es inmune a ambientes donde se procesan alimentos (excepto posiblemente en condiciones de altas temperaturas incluyendo altos contenidos de ácido y cloruros). Resiste químicos orgánicos y una amplia variedad de químicos inorgánicos. El tipo 304 también es buen resistente al ácido nítrico. Es altamente usado en el almacenamiento de gases líquidos y equipo que se usa a temperaturas criogénicas.

RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN A ALTAS TEMPERATURAS

Para el servicio continuo a elevadas temperaturas, el tipo 304 presenta una buena resistencia a la oxidación hasta 1650 °F (900 °C). En servicio intermitente, la temperatura máxima es alrededor de 1500 °F (815 °C).

SOLDABILIDAD

El acero inoxidable de tipo 304 puede ser soldable por técnicas convencionales de soldadura por fusión y resistencia (GTAW, TIG, GMAW, MIG, SAW). Si electrodo de alambre como metal de aporte son requeridos, los tipos AWS E/ER 308, 308L o 347 son usados frecuentemente.

Similar a otros aceros inoxidables austeníticos, donde el contenido de carbón es mayor a 0,03%, la aleación 304 es susceptible a la corrosión inter granular en la zona afectada térmicamente por la soldadura, cuando la aleación es enfriada lentamente o recalentada dentro de un rango de temperatura de 800 a 1500 °F (425 a 815 °C)

FORMABILIDAD

El tipo 304 tiene buenas propiedades de embutido. Éste grado puede ser trabajado por los métodos estándar del trabajo de hoja de metal. El embutido es el procedimiento más común para la deformación de hojas. La combinación de su bajo límite elástico (esfuerzo de cedencia) y un alto alargamiento son factores importantes en la optimización de operaciones de embutido.

La composición química del material de TKM AISI 304 es cuidadosamente controlada para obtener valores de n alrededor de 0,40. Por otro lado, cuando el metal puede fluir libremente entre el dado y la platina para “alimentar” la deformación, se dice que el formado es un embutido profundo. El comportamiento del embutido profundo es evaluado en TKM desde la determinación de los parámetros de anisotropía r y Δr . Un buen comportamiento de embutido profundo es obtenido con materiales que tengan alta resistencia al adelgazamiento bajo cargas tensiles, esto es, materiales con un mayor valor en el parámetro de anisotropía r . Relativamente altos parámetros de anisotropía son consistentemente obtenidos para el acero TKM 304. Los valores de r dependen fuertemente de las condiciones en los procesos de fabricación como lo son los tratamientos térmicos y las reducciones en la laminación en frío. Los valores típicos de r están alrededor de 1,0 los cual confirman una isotropía de propiedades en todas las direcciones.

APLICACIONES

- Equipo para el proceso de alimentos.
- Utensilios de cocina, tarjas, canales, equipo y aplicaciones en electrodomésticos.
- Paneles en arquitectura, estructuras y ornamentales.
- Contenedores químicos, incluyendo la transportación.
- Intercambiadores de calor.
- Cubiertas de hornos comerciales y filtros de agua.
- Equipo utilizado en hospitales.
- Equipo de aire acondicionado, evaporadores, tambores y barriles

ACABADOS

El acero inoxidable 304 puede ser presentado con los siguientes acabados:

2B

Acabado laminado en frío por rodillos brillantes de Skin Pass. Éste es un acabo de uso general con un valor típico de Ra de 4 micro pulgadas en calibres delgados.

BA

Este acabado es producido por un recocido brillante en una atmósfera inerte después del laminado en frío. Es más liso y brillante que el 2B. El brillo mínimo es de 40° gloss a 20° de inclinación, los valores típicos de Ra son de 2 micro pulgadas para calibres delgados

Pulido #3 y # 4

Los acabados de pulidos son producidos por bandas abrasivas de carburo de silicio u óxido de aluminio, resultando un rango de cepillado de 25 a 50 y 8 a 20 micro pulgadas respectivamente.

Rolled-On #3 y #4

Este acabado de superficie es producido por el embozado o grabado del material usando rodillos de Skin Pass especialmente preparados. Los valores típicos de Ra para #3 y #4 son 30 a 60 y 8 a 30 micro pulgadas. Su aspecto final asemeja al de una superficie cepillada o pulida.



RESEARCH AND DEVELOPMENT DEPARTMENT
LABORATORY FOR ANALYSIS AND TESTING OF MATERIALS
SECTION OF MECHANICAL TESTING
 Determination of Plastic Ratio and Tensile Strain-Hardening Exponent

IDENTIFICATION: 304 TKM	REQUIRED BY: Quality control department	TYPE OF STEEL / FINISH 304/2D
-----------------------------------	---	---

PLASTIC RATIO AND TENSILE STRAIN-HARDENING EXPONENT AT 90°

DATA FOR DETERMINATION OF "n" EXPONENT AT 90°							
	1	2	3	4	5	6	7
Thickness, [mm]	0.686						
Width, [mm]	12.660						
Strain, [%]	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Load, [N]	3804.0	4021.0	4212.0	4377.0	4542.0	4689.0	4820.0

DATA FOR DETERMINATION OF "r" RATIO AT 90°		
	i	f
Width, [mm]	12.660	11.530
Length, [mm]	50.00	60.66

RESULTS

Tensile Strain-Hardening Exponent *n* = 0.397

Standard Deviaton *S_n* = 0.0099

Constant *k* = 1298

Plastic Strain Ratio *r* = 0.937

PLASTIC RATIO AND TENSILE STRAIN-HARDENING EXPONENT AT 0°

DATA FOR DETERMINATION OF "n" EXPONENT AT 0°							
	1	2	3	4	5	6	7
Thickness, [mm]	0.685						
Width, [mm]	12.640						
Strain, [%]	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Load, [N]	3942.0	4203.0	4429.0	4620.0	4794.0	4959.0	5107.0

DATA FOR DETERMINATION OF "r" RATIO AT 0°		
	i	f
Width, [mm]	12.640	11.580
Length, [mm]	50.00	60.71

RESULTS

Tensile Strain-Hardening Exponent *n* = 0.421

Standard Deviaton *S_n* = 0.0072

Constant *k* = 1440

Plastic Strain Ratio *r* = 0.822

PLASTIC RATIO AND TENSILE STRAIN-HARDENING EXPONENT AT 45°

DATA FOR DETERMINATION OF "n" EXPONENT AT 45°							
	1	2	3	4	5	6	7
Thickness, [mm]	0.690						
Width, [mm]	12.550						
Strain, [%]	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Load, [N]	3708.0	3942.0	4134.0	4307.0	4481.0	4620.0	4759.0

DATA FOR DETERMINATION OF "r" RATIO AT 45°		
	i	f
Width, [mm]	12.550	11.280
Length, [mm]	50.00	60.43

RESULTS

Tensile Strain-Hardening Exponent *n* = 0.411

Standard Deviaton *S_n* = 0.0088

Constant *k* = 1317

Plastic Strain Ratio *r* = 1.289

r_{90°	r_{45°	r_{0°	n_{90°	n_{45°	n_{0°	\bar{r}	\bar{n}	Δr	Δn
0.937	1.289	0.822	0.397	0.411	0.421	1.084	0.410	-0.409	-0.002

ANALYST: FLR	APPROVED: JAM
------------------------	-------------------------

FORMATO 39.163.00 Rev. 2

Hoja de cálculo típica de valores de coeficientes de anisotropía y endurecimiento por deformación en frío obtenidos en el laboratorio de TKM para material 304

ASME/ASTM A36



Acero al carbono estructural de acuerdo al estándar ASME/ASTM A 36/A 36M

Uso:

Este grado se utiliza principalmente pernado, atornillado, o soldados en la construcción de puentes y edificios, y para propósitos estructurales en general.

Composición química acero A36

	Hasta 3/4 in.	Sobre 3/4 in. hasta 1-1/2 in.	Sobre 1-1/2 in. hasta 2-1/2 in.	Sobre 2-1/2 hasta 4 in.	Sobre 4 in.
Carbono	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganeso	--	.80/1.20	.85/1.20	.85/1.20	.85/1.20
Fósforo	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio	.40 max	.40 max	.15/.40	.15/.40	.15/.40
Cobre min % cuando se especifica de acero de cobre	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

* Nota: Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo especificado de carbono, un aumento del 0,06% de manganeso por encima de la cantidad máxima prevista será permitido, hasta el máximo de 1,35%.

Propiedades mecánicas acero A36

Resistencia a la tracción:	58,000 - 80,000 psi [400-550 MPa]
Min. Punto de fluencia:	36,000 psi [250 MPa]
Elongación en 8":	20% min
Elongación en 2":	23% min

Podemos suministrar:

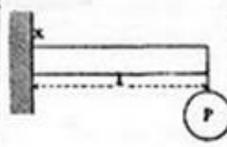
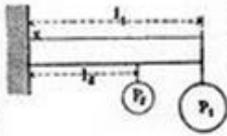
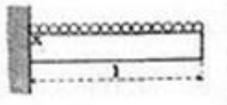
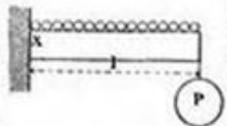
Espesor de 6 mm a 150 mm (aunque placas más gruesas pueden ser fabricadas bajo pedido especial)

Ancho: de 1.500 mm a 4.100 mm

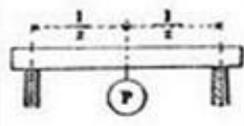
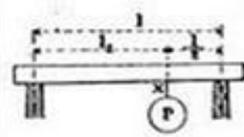
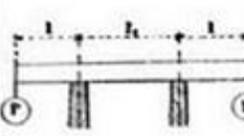
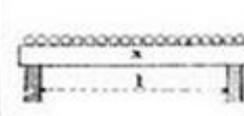
Largo: de 6.000 mm a 20.000 mm

TABLAS DE FÓRMULAS PARA VIGAS

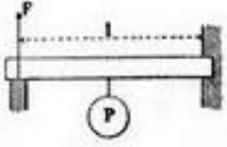
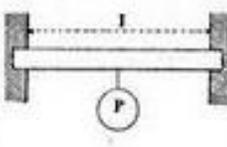
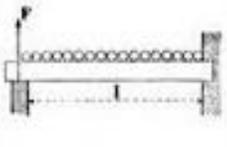
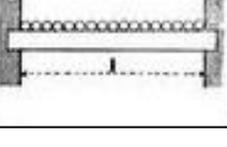
El primer grabado se refiere al caso de vigas en voladizo

Números	PIEZAS EMPOTRADAS por un extremo	Máximo momento flexor (en el punto X)	Observaciones
I		Pl	Cargada en el extremo
II		$P_1l_1 + P_2l_2$	Dos o más cargas
III		$\frac{p^2}{2}$	Cargada uniformemente con un peso de p kilogramos por metro de longitud
IV		$\frac{p^2}{2} + Pl$	Cargada uniformemente y además con un peso aislado en un punto de la longitud

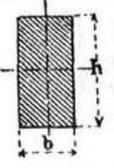
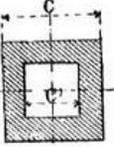
A continuación se pueden ver diferentes casos de vigas apoyadas en dos puntos.

Números	PIEZAS SOSTENIDAS por sus dos extremos	Máximo momento flexor (en el punto X)	Observaciones
I		$P \frac{l}{4}$	Cargada en el punto medio
II		$P \frac{l_1 l_2}{l}$	Cargada en un punto cualquiera
III		Pl	Cargada en falso por los dos extremos
IV		$\frac{pl^2}{8}$	Carga uniformemente repartida (en kilogramos por metro de longitud)

Por último se muestran las diferentes situaciones de vigas empotradas por sus extremos.

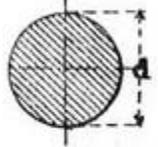
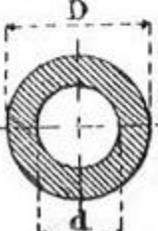
Números	PIEZAS EMPOTRADAS por un extremo y apoyadas o empotradas por el otro	Máximo momento flexor	Observaciones
I		$\frac{3}{16} Pl$	Carga en el punto medio. Presión sobre el apoyo: $P = \frac{5}{16} P$
II		$\frac{Pl}{8}$	Carga en medio
III		$\frac{pl^3}{8}$	Carga repartida uniformemente
IV		$\frac{pl^3}{12}$	Carga repartida uniformemente

El siguiente grabado muestra las fórmulas para calcular el módulo de la sección Z y su superficie, en el caso de secciones rectangulares y cuadradas huecas.¹³

CROQUIS de la sección	MÓDULO Z de la sección	ÁREA A de la sección
	$\frac{1}{6} b h^2$	$b h$
	$\frac{1}{6} \cdot \frac{C^4 - c^4}{C}$	$C^2 - c^2$

¹³ Más fórmulas se encuentran en el Machinerys Handbook página 215: Section Moduli

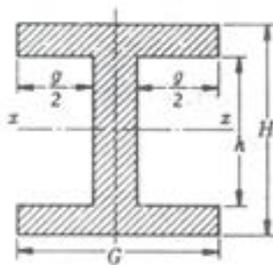
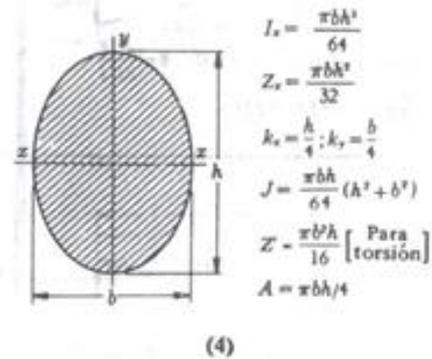
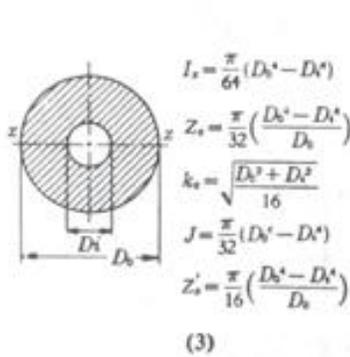
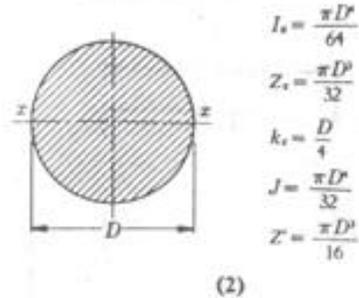
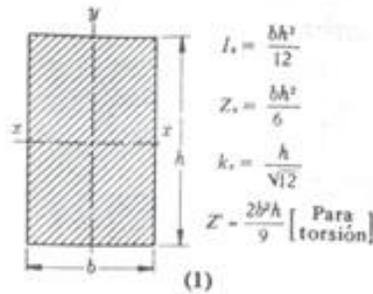
El siguiente grabado muestra la forma de realizar el cálculo de Z para secciones circulares y circulares huecas (Tubos).

CROQUIS de la sección	MÓDULO Z de la sección	ÁREA A de la sección
	$\frac{\pi}{32} d^3 = 0,0982 d^3$	$\frac{\pi}{4} d^2 = 0,785 d^2$
	$\frac{\pi}{32} \times \frac{D^3 - d^3}{D}$	$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$

Por último se muestra la fórmula que permite calcular Z para secciones rectangulares huecas, en doble T y en U, que son perfiles habituales en arquitectura e ingeniería.

TABLA AT 1 PROPIEDADES DE SECCIONES TRANSVERSALES SIMPLES

I_x = momento de inercia respecto al eje $x-x$; J = momento polar de inercia respecto al eje que pasa por el centro de gravedad o eje centroidal; $Z = I/c$ = módulo rectangular de sección o módulo resistente respecto a $x-x$; $Z' = J/c$ = módulo polar de la sección, $k = \sqrt{I/\text{área}}$ = radio de giro.

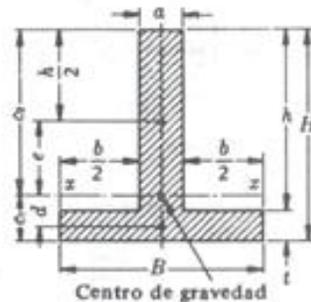


$$I_x = \frac{1}{12} (GH^3 - gh^3)$$

$$Z_x = \frac{GH^3 - gh^3}{6H}$$

$$k_x = \sqrt{\frac{1}{12} \left[\frac{GH^3 - gh^3}{GH - gh} \right]}$$

(5)



$$c_1 = \frac{aH^2 + bt^2}{2(aH + bt)}, \quad c_2 = H - c_1$$

$$I_x = \frac{Bt^3}{12} + (Bt)c_2^2 + \frac{at^3}{12} + (aH)c_1^2$$

$$\text{Area} = Bt + a(H - t); \quad k = \sqrt{I/A}$$

(6)

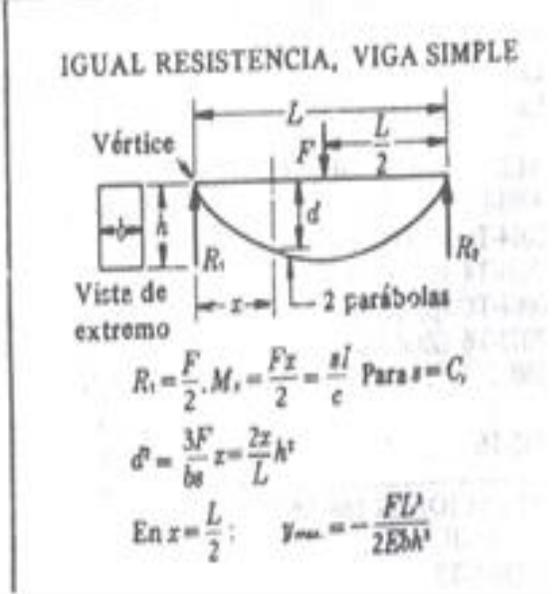
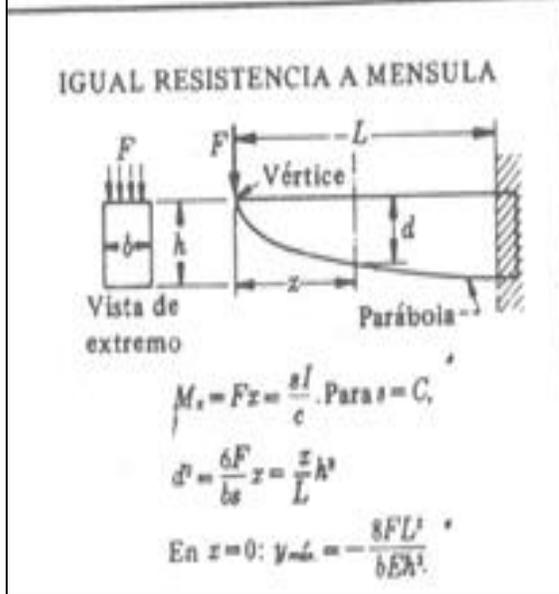
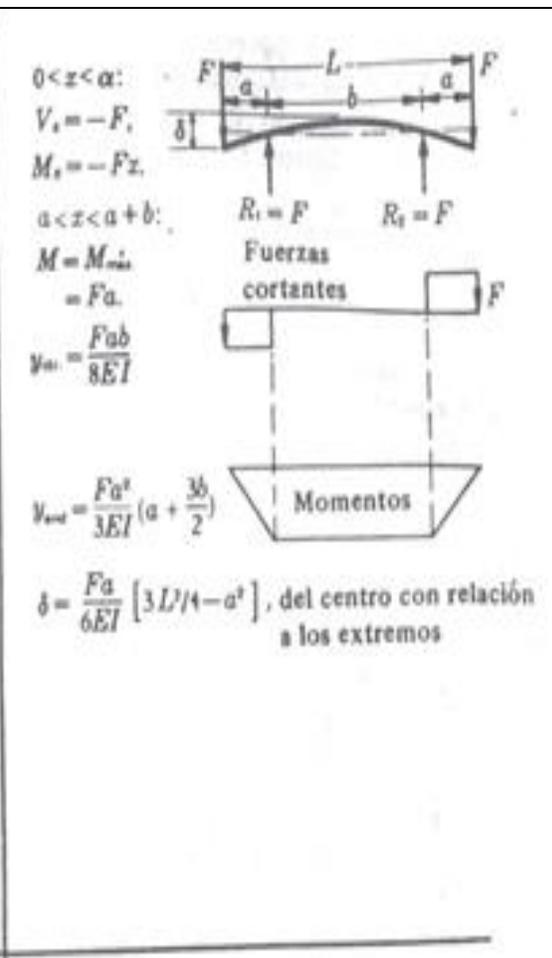
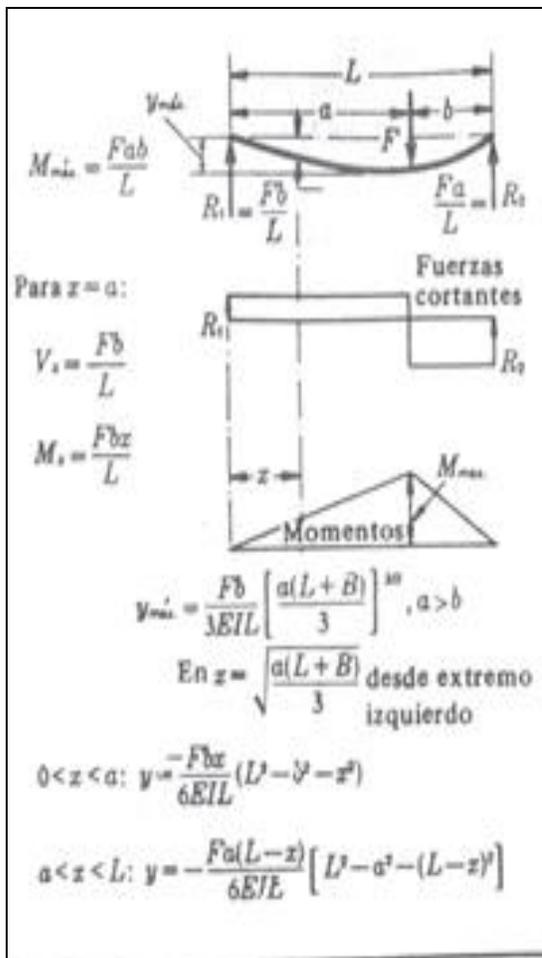
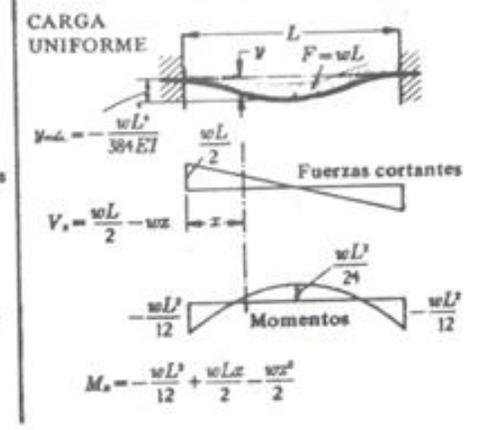
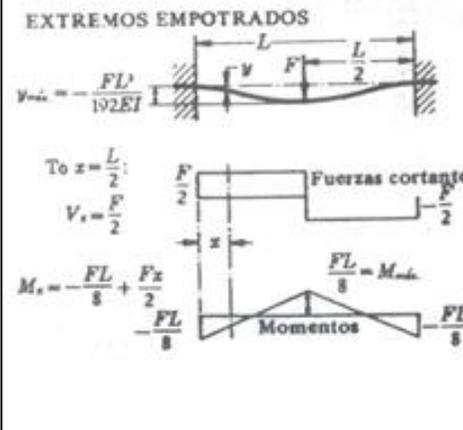
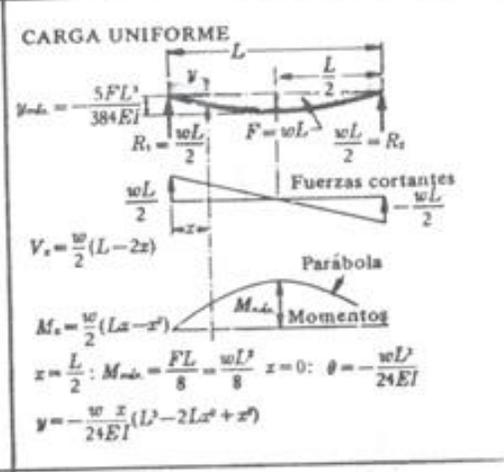
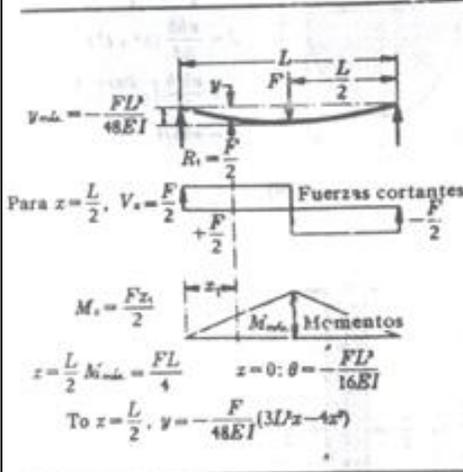
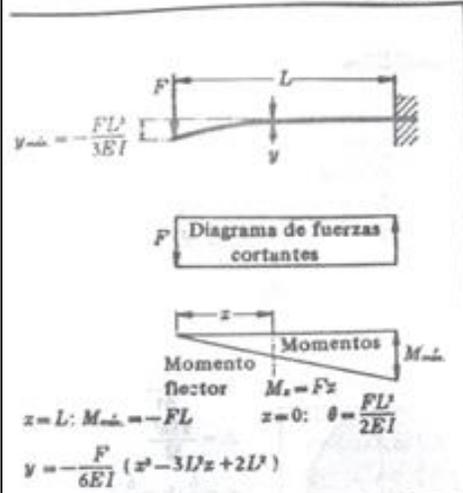


TABLA AT 2 MOMENTOS Y FLECHAS DE LAS VIGAS

F = fuerza aislada aplicada en kilogramos (o en libras); w = carga uniformemente repartida por unidad de longitud, en kg/cm (o en lb/pulg); $F = wL$, donde L = longitud en centímetros (o bien en pulgadas); E = módulo de elasticidad a tracción en kg/cm² (o bien en psi); I = momento de inercia en cm⁴ (o bien en pulg⁴); y = flecha en centímetros (o en pulgadas); θ radianes = pendiente. Para otras vigas de igual resistencia, véase § 6.24.



Anclaje de uso diario para aplicaciones ligeras HSV

Rosca externa
Material acero al carbón galvanizado 3 µ
Sin aprobaciones u homologaciones internacionales



Aplicaciones

Descripción	Material base	Aplicaciones
HSV acero al carbón	Concreto	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fijación de racks ■ Fijación de rieles para elevadores ■ Fijación de placa base para escaleras ■ Fijación de fachadas integrales

Características y Beneficios

- Cuerda extra larga para una mayor flexibilidad
- Rolado en frío para un mejor desempeño
- Sección de impacto para prevenir el daño en las cuerdas durante su instalación

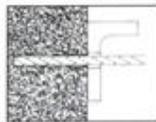


Datos de pedido

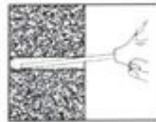
Anclaje de uso diario HSV

Descripción	Diámetro de broca	Long. anclaje	Prof. min. colocación	Diámetro de broca Hilti	Prof. empotramiento	Cargas permisibles en concreto f'c = 3000 psi				Cantidad	No. Item
						Tracción		Corte			
						(kg)	(lb)	(kg)	(lb)		
HSV 3/8" x 3 3/4"	3/8"	3 3/4"	2 7/8"	TE-C + 3/8"	2 1/2"	492	1085	417	920	50 un	00384686
HSV 1/2" x 4 1/2"	1/2"	4 1/2"	4"	TE-C + 1/2"	3 1/2"	694	1530	766	1690	25 un	00384687

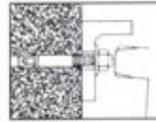
Instrucciones para la Instalación de HSV en paso



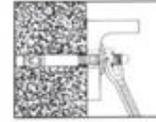
1. Perfore un barrenos del mismo diámetro del anclaje HSV
Nota: Hueco en la placa base debe ser de 1/16" a 1/8" más grande en diámetro que el diámetro del perno.



2. Limpie el barrenos



3. Coloque el anclaje y martilleo hasta la profundidad deseada.



4. Apriete hasta el torque recomendado. Si no dispone de llave gire la tuerca 2 a 3 vueltas desde la posición de ajuste con la mano.

TABLA AT 4 PROPIEDADES TÍPICAS DE

Notas: (a) Coeficiente de dilatación térmica a temperatura próxima a la del ambiente, máxima de los materiales 403, 410 y 416 están dados por $s_s = 351 + 32,70 (NDB)$, en kg/cm^2 y del trabajado en frío. (d) Trabajado en frío, plena dureza. (e) Los límites de fatiga para kg/cm^2 (160 ksi) aproximadamente $(s_s)^{0,1}$. (f) Varía algo según el estado: recocido, trabajado kg/cm^2 (160 ksi) aproximadamente $(s_s)^{0,1}$. (g) Tira de 1,48 mm (0,058 pulgadas). $C_s = 745 250 kg/cm^2$ (o bien $G = 10,6 \times 10^6$ psi). (g) Tira de 1,48 mm (0,058 pulgadas). Republic Steel TH 1050; s_s min garantizada

MATERIAL N.º AISI	RESISTENCIA MÁXIMA		LÍMITE DE FLUENCIA EN TRACCIÓN	LÍMITE DE FATIGA s_s	MÓDULO		ALARGA- MIENTO, en 50 mm (2 pulg)	REDUC- CIÓN ÁREA, %	
	s_u kg/cm ²	(c) ksi			E kg/cm ² $\times 10^{-4}$	E psi $\times 10^{-4}$			
301, 1/4 duro.	8 788(h)	125(h)	5 273(h)	2109(g)	30(g)	1,968	28	25(h)	65
302, recocido.	6 327	90	2 601	2390	34	1,968	28	57	65
302, 1/4 duro.	8 788(g)(h)	125(g)(h)	5 273(h)	4921(d)	70(d)	1,968	28	12(h)	55
303, recocido.	6 327	90	2 460	2460	35	1,968	28	50	55
304, recocido.	5 976	85	2 460	2460	35	1,968	28	50	70
316, trabajado en frío (i)	6 327	90	4 218	2812	40	1,968	28	45	65
321, recocido.	6 116	87	2 460	2671	38	1,968	28	50	65
347, recocido.	6 327	90	2 812	2742	39	1,968	28	*	65
403, 410, con tra- tamiento térmi- co (b).	7 734(h)	110(h)	5 976(h)	4077	58	2,038	29	20	65
410, trabajado en frío (b)	7 030(h)	100(h)	5 976	3726	53	2,038	29	17	60
416, recocido (b).	5 273	75	2 812	2812	40	2,038	29	30	60
430, recocido.	5 273	75	3 163	2812	40	2,038	29	25	65
431, OQT 1000 (b).	10 546	150	9 140	2882	41	2,038	29	18	60
17-7 PH barra (f)	12 303	175	10 897	2882	41	2,038	29	6(h)	34

* OQT 1000 = Oil Quenched and Tempered at 1000° F = Templado y revenido en

ALGUNOS ACEROS INOXIDABLES (20, 30, 40, 50, 60)

\times cm/cm²-°C (o bien pulg/pulg²-°F). (b) Los valores medios aproximados de la resistencia lo bien $s_u = 5 + 0,465$ (BHN), en ksi [(2.2)]. (c) Varía con los detalles del tratamiento térmico aceros inoxidable se pueden estimar en 0,48_s, hasta la resistencia a la tracción de 11 250 en frío, eliminado de tensiones. En cizalladura, para alambres de resortes estirados en frío, (b) Mínimo. (f) Barras de 25,40 mm (1 pulgada). (g) PH, endurecido por precipitación; = 11 952 kg/cm² = 170 ksi; s'_u para 10⁷.

ND8 (BHN) (media)	DENSIDAD	IZOO		$\times 10^5$		OBSERVACIONES
		(c)	(c)	cm/cm °C	pulg/ °F	
260	7,92	0,286	16,9	9,4	(17 % Cr, 7 % Ni) Uso general; decoración, estructurales.	
150	7,92	0,286	12,4	9,6	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.	
260	7,92	0,286	17,3	9,6	302, 303 con aceros inoxidable 18-8.	
160	7,92	0,286	11,06	9,6	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.	
150	7,92	0,286	15,2	9,6	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.	
190	7,92	0,286	16,0	8,9	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.	
150	8,02	0,290	15,2	9,3	Estabilizado por Ti.	
160	7,92	0,286	13,8	9,3	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.	
225	7,73	0,279	10,3	5,7	Martensítico. Endurecible por tratamiento térmico.	
205	7,73	0,279	11,06	5,7	Martensítico. Dureza máxima.	
155	7,70	0,278	9,67	5,7	Martensítico. Endurecible por tratamiento térmico.	
160	7,67	0,277	4,83	5,8	Ferrítico. No endurecible por tratamiento térmico.	
325	7,75	0,28	6,9	6,5	Martensítico. Endurecible por tratamiento térmico hasta alta resistencia.	
390	7,65	0,276	10,1	5,6	(17 % Cr, 7 % Ni, 1,15 % Al) Solución recocida, etc.	

VIGA APOYADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

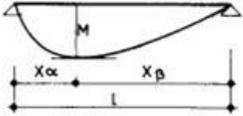
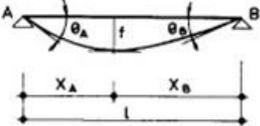
F, q y segmentos en valor absoluto.

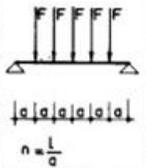
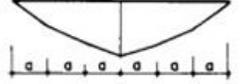
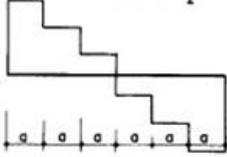
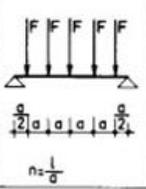
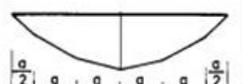
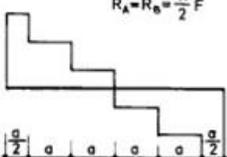
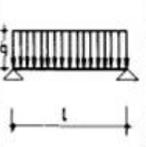
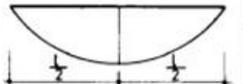
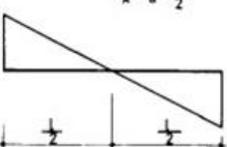
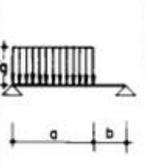
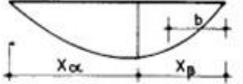
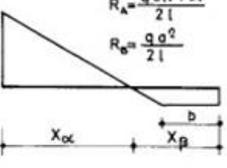
SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
	$M = \frac{F \cdot b}{l}$	$R_A = \frac{F \cdot b}{l}$ $R_B = \frac{F \cdot a}{l}$	$a < b, x_A = \left[\frac{b(l+a)}{3} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{F \cdot a}{31 \cdot EI} \left[\frac{b(l+a)}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $a > b, x_A = \left[\frac{a(l+b)}{3} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{F \cdot b}{31 \cdot EI} \left[\frac{a(l+b)}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $\theta_A = \frac{F \cdot a \cdot b(l+b)}{61 \cdot EI}, \theta_B = \frac{F \cdot a \cdot b(l+a)}{61 \cdot EI}$
	$M = \frac{F \cdot l}{4}$	$R_A = R_B = \frac{F}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{F \cdot l^2}{16 \cdot EI}$
	$M = F \cdot a$	$R_A = R_B = F$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{F \cdot a}{24 \cdot EI} (3l^2 - 4a^2)$ $\theta_A = \theta_B = \frac{F \cdot a(l-a)}{2 \cdot EI}$
	$M = \frac{F \cdot l}{2}$	$R_A = R_B = \frac{3F}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{19}{384} \frac{F}{EI} l^3$ $\theta_A = \theta_B = \frac{5F \cdot l^2}{32 \cdot EI}$

VIGA APOYADA

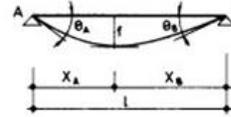
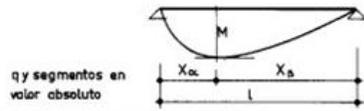
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos en valor absoluto

SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
 <p>$n = \frac{l}{a}$</p>	$n = 2k, M = \frac{n}{8} Fl$ $n = 2k+1, M = \frac{n^2-1}{8n} Fl$ 	$R_A = R_B = \frac{n-1}{2} F$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \begin{cases} n=2k, f = \frac{5n^2-4}{384n} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \\ n=2k+1, f = \frac{(5n^2+1)(n^2-1)}{384n^3} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \end{cases}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{n^2-1}{24n} \cdot \frac{Fl^2}{EI}$
 <p>$n = \frac{l}{a}$</p>	$n = 2k, M = \frac{n}{8} Fl$ $n = 2k+1, M = \frac{n^2+1}{8n} Fl$ 	$R_A = R_B = \frac{n}{2} F$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \begin{cases} n=2k, f = \frac{n^4+6n^2+2n^2+4n-4}{384n^2} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \\ n=2k+1, f = \frac{5n^4+2n^2+1}{384n^3} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \end{cases}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{2n^2+1}{48n} \cdot \frac{Fl^2}{EI}$
	$M = \frac{1}{8} ql^2$ 	$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{ql^3}{24EI}$
	$x_\alpha = \frac{a(l+b)}{2l}, M = \frac{qa^2(l+b)^2}{8l^2}$ 	$R_A = \frac{qa(l+b)}{2l}, R_B = \frac{qa^2}{2l}$ 	$a < 0'4531 \cdot l, x_B = \left[\frac{2l-a}{6} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{qa^2}{6} \left[\frac{2l-a}{6} \right]^{\frac{3}{2}}$ $a > 0'4531 \cdot l, x_B = \frac{58'575 \cdot l - 8'575 \cdot a}{100}$ $f = \frac{qa^4}{10^3 EI} (13'5734 \frac{a}{l} - 0'5526)$ $\theta_A = \frac{qa^3}{24 EI} (2 - \frac{a}{l}), \theta_B = \frac{qa^3}{24 EI} (2 - \frac{a}{l})$

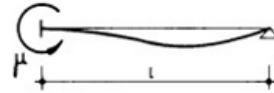
VIGA APOYADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA



SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
	$M = \frac{qcl(l-c)}{2}$	$R_A = R_B = qc$	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \quad f = \frac{qc l^3}{24EI} \left[1 - \frac{c^2}{l^2} \left(2 - \frac{c}{l} \right) \right]$ $\theta_A = \theta_B = \frac{qc l^2}{24EI} \left(3 - 4 \frac{c^2}{l^2} \right)$
	$x_{\alpha} = a + c - \frac{2ac}{l}, \quad M = 2qac \left(\frac{b-c}{l} + \frac{ac}{l^2} \right)$	$R_A = \frac{2qc(l-a)}{l}$ $R_B = \frac{2qc(l-b)}{l}$	$\theta_A = \frac{qbc l}{3EI} \left(1 - \frac{b^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} \right) + \theta_B = \frac{qac l}{3EI} \left(1 - \frac{a^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} \right)$
	$M = \frac{ql^2}{12}$	$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \quad f = \frac{ql^4}{120EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{5ql^3}{196EI}$
	$x_{\alpha} = \frac{l}{\sqrt{3}}, \quad M = \frac{ql^2}{9\sqrt{3}}$	$R_A = \frac{ql}{6}$ $R_B = \frac{ql}{3}$	$x_A = 0.5193 l \quad f = \frac{6.522}{10^3} \frac{ql^4}{EI}$ $\theta_A = \frac{7ql^3}{360EI} \quad \theta_B = -\frac{ql^3}{45EI}$

VIGA APOYADA EMPOTRADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu = \frac{F a b (l + b)}{2 l^2}$	$R_A = \frac{F b}{2 l} \left(3 - \frac{b^2}{l^2} \right)$ $R_B = \frac{F a^2}{2 l^2} \left(3 - \frac{a}{l} \right)$	
	$\mu = \frac{3}{16} F l$	$R_A = \frac{11}{16} F$ $R_B = \frac{5}{16} F$	
	$\mu = \frac{3 F a (l - a)}{2 l}$	$R_A = \frac{F}{2} \left[2 + 3 \frac{a}{l} \left(1 - \frac{a}{l} \right) \right]$ $R_B = \frac{F}{2} \left[2 - 3 \frac{a}{l} \left(1 - \frac{a}{l} \right) \right]$	
	$\mu = \frac{15}{32} F l$	$R_A = \frac{63}{32} F$ $R_B = \frac{33}{32} F$	

VIGA EMPOTRADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

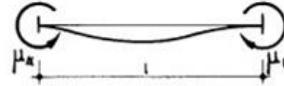
F, q y segmentos, en valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu_A = \frac{F a b^2}{l^2}$ $\mu_B = -\frac{F a^2 b}{l^2}$	$R_A = F \frac{b^2}{l} (3 - 2 \frac{b}{l})$ $R_B = F \frac{a^2}{l} (3 - 2 \frac{a}{l})$	
	$\mu_A = \frac{F l}{8}$ $\mu_B = -\frac{F l}{8}$	$R_A = \frac{F}{2}$ $R_B = \frac{F}{2}$	
	$\mu_A = \frac{F a (l-a)}{l}$ $\mu_B = -\frac{F a (l-a)}{l}$	$R_A = F$ $R_B = F$	
	$\mu_A = \frac{5 F l}{16}$ $\mu_B = -\frac{5 F l}{16}$	$R_A = \frac{3}{2} F$ $R_B = \frac{3}{2} F$	

VIGA EMPOTRADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

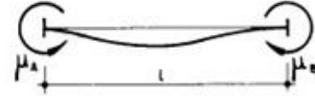
F, q y segmentos, en
valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
<p>nf de fuerzas = n-1</p>	$\mu_A = \frac{F l (n^2 - 1)}{12 n}$ $\mu_B = -\frac{F l (n^2 - 1)}{12 n}$	$R_A = \frac{n-1}{2} F$ $R_B = \frac{n-1}{2} F$	
<p>nf de fuerzas = n</p>	$\mu_A = \frac{F l (2n^2 - 1)}{24 n}$ $\mu_B = -\frac{F l (2n^2 - 1)}{24 n}$	$R_A = \frac{n}{2} F$ $R_B = \frac{n}{2} F$	
	$\mu_A = \frac{q l^2}{12}$ $\mu_B = -\frac{q l^2}{12}$	$R_A = \frac{q l}{2}$ $R_B = \frac{q l}{2}$	
	$\mu_A = \frac{q a^2}{12} \left[6 - \frac{a}{l} (8 - 3 \frac{a}{l}) \right]$ $\mu_B = -\frac{q a^3}{12 l} (4 - 3 \frac{a}{l})$	$R_A = \frac{q a}{2} \left[2 - \frac{a^2}{l^2} (2 - \frac{a}{l}) \right]$ $R_B = \frac{q a^3}{21 l} (2 - \frac{a}{l})$	

VIGA EMPOTRADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

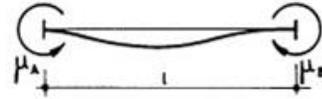
F, q y segmentos, en valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu_A = \frac{q \cdot l^2}{12} (3l^2 - 4c^2)$ $\mu_B = -\frac{q \cdot l^2}{12} (3l^2 - 4c^2)$	$R_A = qc$ $R_B = qc$	
	$\mu_A = 2qc \left(a \frac{b^3}{l^3} - \frac{c^2}{l^3} \frac{3b-l}{3} \right)$ $\mu_B = -2qc \left(b \frac{a^3}{l^3} - \frac{c^2}{l^3} \frac{3a-l}{3} \right)$	$R_A = 2qc \left[1 - 3 \frac{a^2}{l^2} \frac{c^2}{l^2} + 2 \frac{a}{l} \left(\frac{a^2}{l^2} + \frac{c^2}{l^2} \right) \right]$ $R_B = 2qc \left[3 \frac{a^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} - 2 \frac{a}{l} \left(\frac{a^2}{l^2} + \frac{c^2}{l^2} \right) \right]$	
	$\mu_A = \frac{5}{96} q l^2$ $\mu_B = -\frac{5}{96} q l^2$	$R_A = \frac{q \cdot l}{4}$ $R_B = \frac{q \cdot l}{4}$	
	$\mu_A = \frac{q \cdot l^2}{30}$ $\mu_B = -\frac{q \cdot l^2}{20}$	$R_A = \frac{3}{20} q l$ $R_B = \frac{7}{20} q l$	

VIGA EMPOTRADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu_A = \frac{qa^2}{30} \left[10 - \frac{a}{l} (15 - 6 \frac{a}{l}) \right]$ $\mu_B = -\frac{qa^3}{20l} (5 - 4 \frac{a}{l})$	$R_A = \frac{qa}{20} \left[10 - \frac{a^2}{l^2} (15 - 8 \frac{a}{l}) \right]$ $R_B = \frac{qa^3}{20l^2} (15 - 8 \frac{a}{l})$	
	$\mu_A = \frac{qb^3}{60l} (5 - 3 \frac{b}{l})$ $\mu_B = -\frac{qb^2}{60} \left[3 \frac{b^2}{l^2} + 10 \frac{a}{l} \right]$	$R_A = \frac{qb^3}{20l^2} (15 - 2b)$ $R_B = \frac{qb}{20} \left[10 - \frac{b^2}{l^2} (15 - 2 \frac{b}{l}) \right]$	
<p>carga parabólica</p>	$\mu_A = \frac{ql^2}{15}$ $\mu_B = -\frac{ql^2}{5}$	$R_A = \frac{ql}{3}$ $R_B = \frac{ql}{3}$	
	$\mu_A = m \frac{b}{l} (2 - 3 \frac{b}{l})$ $\mu_B = m \frac{a}{l} (2 - 3 \frac{a}{l})$	$R_A = m \frac{6ab}{l^3}$ $R_B = -m \frac{6ab}{l^3}$	