



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

**PROPUESTA DE DESARROLLO TECNOLOGICO
DE UN NUCLEADOR LARGO PARA
INVESTIGACIONES OCEANOGRAFICAS**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

INGENIERIA MECANICA – DISEÑO MECANICO

P R E S E N T A

CESAR TADEO URIARTE ANGULO

TUTOR:

DR. ALEJANDRO CUAUHTEMOC RAMIREZ REIVICH

2010



JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Borja Ramírez Vicente
Secretario: Dr. González González Leopoldo Adrián
Vocal: Dr. Ramírez Reivich Alejandro Cuauhtémoc
1er. Suplente: Dr. Espinoza Bautista Adrian
2o. Suplente: M.I. Zepeda Sánchez Antonio

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería

TUTOR DE LA TESIS
Dr. Ramírez Reivich Alejandro Cuauhtémoc

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme apoyado intelectual, moral, física y hasta económicamente (beca CEP) en la realización de mi maestría.

Además, agradezco a toda la gente que me ha apoyado en el logro de esta meta, y nombrar textualmente a alguno, es omitir al resto, por lo que me resguardo en el respeto de la discreción y sólo me queda decirles que siempre les agradeceré ese instante que me hace recordarlos... un abrazo afectuoso y en mi cuentan con un apoyo, gracias.

Resumiría esta etapa de mi vida mencionando al buque oceanográfico "El Puma" que me ha mostrado que el tamaño del barco refleja la ambición del pueblo; que un hombre no siempre se dirige hacia donde piensa que va, sino hacia donde está caminando; y que vivir es navegar sin mapas, tu propio derrotero.



César Tadeo Uriarte Angulo, 19 de Enero de 2010

Diseñar es decidir

César Tadeo Uriarte Angulo

CONTENIDO GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE DIAGRAMA

ÍNDICE DE IMÁGENES

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1. MARCO REFERENCIAL

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| El mar para la humanidad | 3 |
| Tecnología marina..... | 4 |
| Descripción de un barco..... | 5 |
| Descripción de un buque oceanográfico | 8 |
| Buques oceanográficos mexicanos | 8 |
| Investigaciones oceanográficas..... | 10 |
| El proyecto “propuesta de un desarrollo tecnológico de un nucleador largo para investigaciones oceanográficas” | 14 |
| Bibliografía | 14 |

Capítulo 2. METODOLOGÍA Y APLICACIÓN

| | |
|--|----|
| 2.1-Introducción | 16 |
| 2.2.-Integración del proceso de diseño de diversas metodologías en un esquema de proyecto..... | 16 |
| 2.2.1.-Etapa de definición | 19 |
| 2.2.2.-Etapa de programación..... | 20 |
| 2.3.- Metodología de diseño..... | 21 |
| 2.3.1.-El diagrama de flujo general | 22 |
| 2.3.2.-Etapas de diseño expandidas para la propuesta de un nucleador largo ... | 31 |
| 2.3.2.1.- Planeación del proyecto..... | 31 |
| Motivación del proyecto | 31 |
| Justificación..... | 32 |
| Planteamiento del enfoque de diseño | 32 |
| Orden de magnitud..... | 33 |
| Diagrama de Gantt | 34 |
| Programa de diseño | 36 |
| 2.3.2.2.- Análisis del problema | 36 |
| Antecedentes | 37 |
| Definición..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Objetivo | 37 |
| 2.3.2.3.- Investigación documental | 38 |
| Benchmarking | 39 |
| Recursos disponibles..... | 42 |
| Especificaciones | 43 |
| Observación..... | 43 |
| Estudio de sombra..... | 44 |
| Jornadas de usuario | 44 |
| Entendimiento de la experiencia del usuario..... | 44 |
| Normas de seguridad | 44 |
| Mapeo del comportamiento | 45 |
| Problemas inherentes | 47 |
| Grupos desenfocados..... | 47 |
| Historias de usuarios | 49 |
| Entrevistas | 49 |
| El conjunto de especificaciones..... | 49 |
| 2.3.2.4.- Metas de diseño..... | 52 |
| Método Kano | 53 |
| La caja negra | 55 |
| Análisis funcional | 57 |
| QFD | 58 |
| Ponderación de especificaciones | 59 |
| Mapa de metas de diseño y descripción funcional..... | 59 |
| 2.3.2.5.-Diseño conceptual | 64 |
| Estudio de la frontera..... | 67 |
| La función crítica | 69 |
| Evaluación del concepto con prototipos..... | 72 |
| 2.3.2.6.- Diseño de configuración | 75 |
| Clarificación | 78 |
| Actividades de diseño..... | 79 |
| 2.3.2.7.-Desarrollo de prototipos..... | 82 |
| Maniobrabilidad | 82 |
| Mantener estabilidad del B/O | 87 |
| Longitud de penetración..... | 87 |
| Lavado del núcleo (Retención del sedimento) | 87 |
| Calidad de muestra..... | 87 |
| 2.3.2.8.- Validación general | 88 |

| | |
|---|----|
| 2.3.2.9.-Ingeniería de detalle | 88 |
| Metas que impactan en el diseño detallado | 89 |
| Actividades del diseño detallado | 89 |
| Implantación del Desarrollo tecnológico de un nucleador largo. | 91 |
| Referencias | 92 |

Capítulo 3. RESULTADOS

| | |
|---|-----|
| 3.1.- Introducción | 95 |
| 3.2.- Un proyecto de desarrollo tecnológico que puede ser realizado de manera concurrente | 95 |
| 3.3.-Metodología: integración de metodologías | 95 |
| 3.4.-Entendimiento del usuario | 96 |
| 3.5.- Metas de diseño | 96 |
| 3.6.- Como desarrollar cada meta de diseño | 96 |
| 3.7.- Metas de diseño críticas | 96 |
| 3.8.-El concepto de diseño y la configuración de arranque | 97 |
| 3.9.- Procedimiento de maniobrabilidad..... | 97 |
| 3.10.- Programa de trabajo | 97 |
| Esquema de diseño | 102 |
| Diagramas de actividades. | 103 |
| Proyecto de investigación | 106 |
| Propuesta para inversionista..... | 108 |

CONCLUSIONES

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2.01 Clasificación de fases [Gómez,1992] | 17 |
| Tabla 2.02.- Benchmarking resumido..... | 39 |
| Tabla 2.03 Lista de resumen de especificaciones..... | 52 |
| Tabla 2.04 Especificaciones ordenadas por método kano..... | 55 |
| Tabla 2.05 Ejemplo de aplicación del concepto de QFD | 58 |
| Tabla 2.06 Ejemplo de la ponderación de especificaciones..... | 59 |
| Tabla 2.07 Metas de diseño | 60 |
| Tabla 2.08 Qué's y Como's del diseño | 67 |
| Tabla 2.09 .- Metas de diseño que impactan en la configuración | 80 |
| Tabla 2.10 Actividades de diseño | 82 |
| Tabla 2.11.- Metas que se resuelven en el diseño detallado | 89 |

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

| | |
|---|----|
| Diagrama 1.01.- Esquema general de la nomenclatura de un barco..... | 7 |
| Diagrama 1.02.- Esquema de las partes más importantes de un buque..... | 7 |
| Diagrama 1.03.- Esquema de formación del suelo de un río..... | 12 |
| Diagrama 2.01.- Tarjetas para ordenar la manera de obtener especificaciones | 20 |
| Diagrama 2.02 Proceso de diseño llevado como proyecto ⁴ | 22 |
| Diagrama 2.03 Estructura primordial del proceso de diseño | 24 |
| Diagrama 2.04 Flujo de actividades general del cliente durante una investigación. | 25 |
| Diagrama 2.05 Planeación | 31 |
| Diagrama 2.06 Gantt general del proyecto de la primer etapa | 34 |
| Diagrama 2.07. Gantt general del proyecto de la segunda etapa..... | 35 |
| Diagrama 2.08 Gantt general del proyecto de desarrollo de la propuesta de un nucleador largo | 36 |
| Diagrama 2.09 Análisis del problema..... | 36 |
| Diagrama 2.10 Investigación documental..... | 38 |
| Diagrama 2.11 Especificaciones..... | 43 |
| Diagrama 2.12 Metas de diseño | 53 |
| Diagrama 2.13 Entradas y salidas generales del sistema | 55 |
| Diagrama 2.14 Entrada y salida general necesaria | 56 |
| Diagrama 2.15 Etapas del proceso de muestrear | 56 |
| Diagrama 2.16 Fronteras del sistema y del diseño | 57 |
| Diagrama 2.17 Análisis funcional de la etapa Campaña | 58 |
| Diagrama 2.18 Diseño conceptual..... | 65 |
| Diagrama 2.19 Esfuerzo cortante contra tiempo para deformación a velocidad constante | 69 |
| Diagrama 2.20 Curva de esfuerzo contra deformación de un material tixotrópico | 69 |
| Diagrama 2.21 Metas de diseño críticas | 69 |
| Diagrama 2.22 Conceptos de Nucleación..... | 70 |
| Diagrama 2.23 Conceptos de Nucleación 2..... | 70 |
| Diagrama 2.24 Concepto de Nucleación por tensión | 72 |
| Diagrama 2.25 Diseño de configuración..... | 75 |
| Diagrama 2.26 Modelo de Nucleador..... | 76 |
| Diagrama 2.27 Claridad objetivo..... | 78 |
| Diagrama 2.28.- Prototipo de maniobrabilidad 1 | 84 |
| Diagrama 2.29.- Prototipo de maniobrabilidad 2 | 84 |

| | |
|--|-----|
| Diagrama 2.30.- Prototipo de maniobrabilidad 3 | 84 |
| Diagrama 2.31.- Prototipo de maniobrabilidad 4 | 85 |
| Diagrama 2.32.- Prototipo de maniobrabilidad 5 | 85 |
| Diagrama 2.33.- Prototipo de maniobrabilidad 6 | 85 |
| Diagrama 2.34.- Prototipo de maniobrabilidad 7 | 86 |
| Diagrama 2.35.- Prototipo de maniobrabilidad 8 | 86 |
| Diagrama 2.36.- Prototipo de maniobrabilidad 9 | 86 |
| Diagrama 2.37.- Prototipo de maniobrabilidad 10 | 86 |
| Diagrama 2.38.- Prototipo de maniobrabilidad 11 | 87 |
| Diagrama 2.39 Ingeniería de detalle..... | 88 |
| Diagrama 3.01 Esquema general del diseño..... | 103 |
| Diagrama 3.02 Programa de desarrollo para un equipo de trabajo | 104 |
| Diagrama 3.03 Participantes y áreas del programa de desarrollo | 104 |
| Diagrama 3.04 Desarrollo del programa por una persona en un proyecto de investigación..... | 107 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|---|----|
| Imagen 1.01.- Extensión marítima de México | 4 |
| Imagen 1.02.- Ejemplo de plataforma petrolera..... | 5 |
| Imagen 1.03.- Molinos de viento marinos en un campo de generación de electricidad en Dinamarca..... | 5 |
| Imagen 1.04.- Modelo de proyecto de barco para transporte de chatarra a gran escala | 5 |
| Imagen 1.05.- Buque de carga interoceánica en el puerto de Manzanillo..... | 8 |
| Imagen 1.06.- Buque oceanográfico Joides Resolution | 8 |
| Imagen 1.07.- B/O "el Puma"..... | 9 |
| Imagen 1.08.- Plano esquemático del B/O El Puma..... | 10 |
| Imagen 1.09.- Ejemplo de un núcleo expandido para clasificación..... | 12 |
| Imagen 1.10.- Nucleador de gravedad "Tepule" | 13 |
| Imagen 1.11.- Esquema de operación de un nucleador de pistón..... | 13 |
| Imagen 2.01 Tepule ⁷ | 40 |
| Imagen 2.02 APC ⁴ | 40 |
| Imagen 2.03 Calypso ⁵ | 40 |
| Imagen 2.04 Odim corer ⁶ | 40 |
| Imagen 2.05 B/O El Puma | 41 |
| Imagen 2.06 R/V Knorr..... | 42 |
| Imagen 2.07 F.S. Meteor | 42 |
| Imagen 2.08 R/V Marion Dufresne | 42 |
| Imagen 2.09 R/V Joides Resolution | 42 |
| Imagen 2.10 zona de maniobras del Tepule..... | 45 |
| Imagen 2.11 Tepule y su base durante una operación | 45 |
| Imagen 2.12 Wrench oceanográfico..... | 46 |
| Imagen 2.13 Equipos de perforación de suelo para la industria petrolera | 48 |
| Imagen 2.14 Equipos de excavación de la industria pesada..... | 48 |
| Imagen 2.15 Instalaciones de mantenimiento de una herramienta para pozo/descripción de la herramienta | 48 |
| Imagen 2.16 Ejemplo de bocetos y notas realizadas en la libreta de registro | 49 |
| Imagen 2.17 Mapa mental de las especificaciones generadas | 50 |
| Imagen 2.18 Concepto del Nucleador Kulleberg | 67 |
| Imagen 2.19 Estructura floculenta | 68 |
| Imagen 2.20 Prototipos desarrollados para evaluar el concepto..... | 72 |
| Imagen 2.21 Prototipo de nucleación por tensión. | 73 |

| | |
|---|----|
| Imagen 2.22 Evaluación con un prototipo del concepto de penetración por tensión..... | 74 |
| Imagen 2.23 Evaluación de la función crítica de penetración en medio acuático con un prototipo rápido | 74 |
| Imagen 2.24 Concepto de penetración por tensión y su prototipo de validación.. | 75 |
| Imagen 2.25 Autómata..... | 76 |
| Imagen 2.26 Configuración general del diseño..... | 77 |
| Imagen 2.27 Flujo de fuerzas en ambos planos en configuración general..... | 77 |
| Imagen 2.28 Prototipo de maniobrabilidad (vista lateral) | 83 |
| Imagen 2.29 Prototipo de maniobrabilidad (vista frontal) | 83 |
| Imagen 2.30 Configuración detallada | 90 |
| Imagen 2.31 Resultados de esfuerzo de la configuración triangular | 90 |
| Imagen 2.32 Resultados de esfuerzo de la configuración circular | 91 |

RESUMEN

El mar es un ecosistema que representa más del setenta por ciento de la superficie terrestre, por lo que es de gran importancia para la humanidad el estudiarlo y entenderlo.

En la actualidad, México es un país que ha destinado una pequeña parte de sus esfuerzos de investigación científica hacia el mar, esto es debido a diversos factores que, en resumen, han provocado un desfase entre el potencial de aprovechamiento sustentable y el aprovechamiento real. Este desfase se refleja en sobreexplotación y depredación de ambientes que podrían ser fuentes de recursos sustentables, como ejemplo se tienen zonas de explotación pesquera, que han pasado de fecundas pescas a pequeñas recolecciones en los últimos años. El objetivo del presente trabajo no es definir cual es el punto del desarrollo marítimo nacional, sino mostrar una propuesta de desarrollo de un sistema para el estudio de los mares mexicanos.

Esta propuesta se enfoca a desarrollar, a través de una integración de metodologías y herramientas de diseño, un conjunto de conocimientos que permiten la conformación de la estructura que permite construir la herramienta completa.

La herramienta citada es un nucleador largo, cuyo concepto es un dispositivo que recupera una columna de lodo desde el fondo marino que sirve para obtener información con respecto a los componentes del suelo en esa zona, lo que permite generar una gran cantidad de información útil para los diversos enfoques de estudio de las ciencias del mar.

A través del desarrollo del presente trabajo, se muestra la construcción de la estructura requerida para establecer las actividades base para el desarrollo completo del proyecto, es decir, se emplea el proceso de diseño para convertir un conjunto de necesidades, en una serie de lineamientos objetivos a cumplir como metas de un proyecto.

El texto incluye un marco referencial en el que se comenta lo que significa el mar desde el punto de vista tecnológico, así como una descripción de los buques oceanográficos de la UNAM, además de la explicación de las investigaciones oceanográficas básicas y un panorama general del contexto de un nucleador largo de investigación marítima.

Posteriormente, un capítulo de metodología y aplicación, en el que se combinan la teoría y la práctica del diseño, con el objetivo de facilitar la lectura. El diseño es un proceso complejo en el que la descripción de su aplicación, tiende a ser mas confusa que la simple muestra de sus resultados, por esto se ha procurado explicar con detalle cada uno de los pasos que conllevan al establecimiento de las actividades guía para desarrollar el proyecto.

El tercer capítulo muestra, en puntos muy concretos, los resultados que son las actividades que el autor ha definido como los siguientes pasos para el desarrollo de un nucleador largo con las características especificadas.

Finalmente se muestran las conclusiones globales del trabajo.

En pocas palabras, este trabajo se resume como una parte de los conocimientos y datos recabados y generados por el autor, que permiten establecer un plan de trabajo para la construcción de este dispositivo. Comienza desde la solicitud del cliente y llega hasta el establecimiento de las actividades para el detalle de los subsistemas que componen y forran al concepto definido por el autor. Estos datos y esta información ha sido recabada/generada siguiendo una metodología de diseño que se basa en la integración de metodologías, tendencias y herramientas de diseño, es decir, se buscó utilizar la herramienta de diseño óptima para el contexto del proyecto en cada una de las diversas etapas. Por ejemplo, creo que la escuela de diseño Stanford es una gran herramienta cuando se busca identificar los requerimientos del cliente, pero una vez identificados, creo que la iteración de la configuración solo lleva al sobredetalle de la misma configuración, por lo que no ayuda en la búsqueda de configuraciones óptima. Sin embargo, si se analiza desde el punto de vista de la metodología de Guillermo Aguirre Esponda, es más probable el cambio de la configuración en busca de la eliminación de los problemas inherentes. Es decir, no se busca el uso de metodologías puras, sino la integración, lo que permite una optimización por etapa, utilizando métodos de optimización enfocados. En menos palabras, se buscó ocupar la mejor metodología para el contexto de cada etapa de este proyecto.

ABSTRACT

The sea is an ecosystem which represents more than the seventy percent of the planets surface, so, that is why it is very important its study for humanity.

Nowadays, Mexico is a country who has assigned a little part of its efforts to the cientific researching of the Oceans, that is by several factors that has done a gap between the potential exploitation and the real explotaition. This gap reflects the overexploitation and destruction of environments which could be a source of sustainable resources and real exploitation. For example, there were big fishing grounds which now have been turned to little ones. The objective of this work is not to define where the mexican ocean development is, but showing a proposal of construction of one tool for studying our oceans.

This proposal is focused on developing, through the joining of design methodologies and tools, a bunch of knowledges which could create a structure that could allow someone the construction of the mentioned tool.

This tool is a long corer, which concept is a dispositive for getting a soil column direct from the bottom of the sea, and it is useful for getting information for oceanographic sciences.

This work shows the required structure for stablishing the main activities of this proyect, it means, it is used the design process for turning a bunch of necessities in a group of project goals.

The text includes a referential frame in which is comented the meaning of the sea since the technological point, as well as a description of oceanographic UNAM ships, one explanaiton of basic oceanographic researchs and a general idea of the one long corer context.

Then, a chapter of methodology and application, where theorie and practice are mixed, with the objective of making easier the reading. The desing is a complex process where its "application description" sometimes tends to be more confusing than its results.

Third chapter shows, in condensed points, the results which are the following steps that author has defined as activities for the project construction. And finally, the conclusions of the work.

In less words, this work is the resume of a part of the obtained knowledges and information united by the author. This "bunch of ideas" allow the stablishment of the work plan for the construction of this tool. It begins with the clients necessity and ends with the statement of the activities needed for the detailed subsystems composing and envelp the defined concept by the author.

This information has been generated following a design methodology wich is based on the integration of design methodologies, trends and tools, it means, it was tried to use the optimal tool for each project context step. For example, I think the Stanfords design school is a great tool when the issue is

finding the client requirements, but, once found, I think the configuration iteration just lead you to the overdetailing, so, it does not help in the looking of the optima configuration. Furthermor, if the configuration is analyzed since the Guillermo Aguirre Esponda`s point of view, it is more probable to find a configuration optimal. In other words, it is not tried to use one pure methodology, but the integration which allows you an optimization by steps. Even, with less words, it was tried to use better the methodologies for each project context step.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nació como la respuesta de ofrecer mis servicios como diseñador a investigadores del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, que encontró eco y se convirtió el diseño de un nucleador de pistón. Inicialmente se buscó la construcción de la herramienta, pero ante diversas situaciones, concluyó solamente en una propuesta de diseño de esta herramienta.

El objetivo de este trabajo es establecer el esquema general de un proyecto que permita construir un nucleador largo para investigaciones oceanográficas, mediante una propuesta de desarrollo tecnológico, es decir, establecer una guía de trabajo para transformar recursos en una herramienta capaz de obtener núcleos de sedimento del fondo del mar.

Este trabajo es el resultado del estudio profundo de todo lo que engloba una herramienta de esta naturaleza. Comienza desde la definición del problema y llega hasta la obtención de una serie de guías de trabajo que convierten una solicitud, claramente definida desde el punto de vista técnico, en una propuesta de desarrollo. Para lograrlo se ha aplicado una metodología de diseño que implica la integración de otras metodologías, escuelas, autores y herramientas, autores como Dr. Guillermo Aguirre Esponda, Dr. Alejandro Ramírez Reivich; escuelas como Stanford; y herramientas como QFD, teoría del valor y otras.

La metodología de integración se explica y desarrolla en el capítulo segundo, y comienza con la planeación del diseño desde el punto de vista de un proyecto para establecer fechas generales. Después se analiza el problema buscando comprender el objetivo real a resolver dentro de este diseño. El resultado de este análisis fue que la **calidad de muestra** es la esencia de todo el conjunto. Luego se realiza una investigación documental en la que se sondearon los principales nucleadores que utilizan otros institutos de investigación oceanográfica en el mundo.

Posteriormente se definieron las especificaciones que requiere el diseño, se ordenaron por relevancia y seleccionaron las que regirán el proyecto generando las metas de diseño.

Después de haber definido claramente los requerimientos y las metas, se generan conceptos que permiten hacer realidad este conjunto de objetivos de diseño. Una vez definido el concepto se configura y se detalla.

Este trabajo concluye al establecer las actividades para desarrollar la configuración y el detalle del resto del diseño.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

Lo más importante para resolver un problema es definirlo

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describe un panorama general del contexto en el que se desenvuelve el trabajo mostrado a continuación. Dicho contexto implica una breve explicación del significado del mar para la humanidad y para México.

Se comenta además una reseña sencilla de lo que significa la tecnología marina, una explicación somera, pero suficiente, de los términos necesarios para el manejo de conceptos relacionados con barcos y la información básica de los buques oceanográficos que pertenecen a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Posteriormente se comenta sobre la investigación oceanográfica, los conceptos y el mecanismo de la obtención de muestras del fondo del mar y el funcionamiento de un nucleador.

Finalmente una reseña del proyecto que originó el presente trabajo.

EL MAR PARA LA HUMANIDAD

Desde siempre, el mar ha sido para la humanidad un gigante misterioso, símbolo de grandeza, un gigante que ofrece una gran cantidad de recursos, pero que se convierte en un reto importante debido a que el mar no es el hábitat del hombre. A lo largo del tiempo el ser humano ha observado el mar desde las playas y con el avance de sus observaciones, poco a poco ha obtenido diversos recursos, tales como la pesca y, ahora con el avance tecnológico, se han logrado hallar recursos que alguna vez se pensó sólo existían en tierra firme.

Para el aprovechamiento del mar, la humanidad ha definido dos grandes áreas del conocimiento, la **investigación oceanográfica** y la **tecnología marina**. A grandes rasgos, la investigación oceanográfica se encarga de entender el mar desde los diversos puntos de vista que ofrece la ciencia, que en general se identifican cinco enfoques de estudio: físico, geológico, geográfico, químico y biológico. Por otro lado, la tecnología marina busca desarrollar elementos, sistemas y todo aquello que le permita al hombre aprovechar los recursos marinos, elementos tales como barcos, plataformas, sistemas de pesca, muelles, etcétera, y los recursos marinos relevantes son: pesca, navegación comercial, petróleo, turismo, minerales y energía.

En México el mar ha sido una fuente enorme de recursos naturales, aunque el potencial que se ha desarrollado en realidad es muy pobre, debido a que los mares mexicanos tienen actualmente sólo las siguientes características:

-Grandes yacimientos petrolíferos en la zona centro y oriente del Golfo de México, frente a las costas de Campeche.

-Gran atractivo turístico en muchos puntos de la República, teniendo como máximo representante a Cancún, en Quintana Roo.

-Un Golfo natural protegido por las islas del Caribe, lo que disminuye el impacto de los huracanes del atlántico sobre las costas mexicanas

-Grandes extensiones de pesca en las zonas del Pacífico

-Contacto tanto con el continente Asiático, como con el continente Europeo y Africano sin la necesidad de rodear hasta Panamá.

Estas características los convierten en una fuente enorme de recursos, pero, este es sólo el inicio de lo que podría generar un conjunto de mares como el mexicano.

Actualmente, la sobreexplotación del mar ha provocado que zonas de alta productividad pesquera hayan decaído hasta obtener un flujo mínimo de recursos pesqueros, tales como algunos puertos del sur oriente mexicano, donde los estragos de la industria petrolera y la sobreexplotación de la pesca, han sido causantes de disminución de pesca o, hasta daños irreparables a ecosistemas completos.

México cuenta con 2,946,845 kilómetros cuadrados de mar, de los cuales menos

del 3 % han sido explotados, y siendo la principal promotora de estas zonas la industria petrolera.

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| Extensión marítima de Mexico | 2,946,825 km ² |
| Zona económica exclusiva | 2,715,012 km ² |
| Mar territorial | 231,813 km ² |

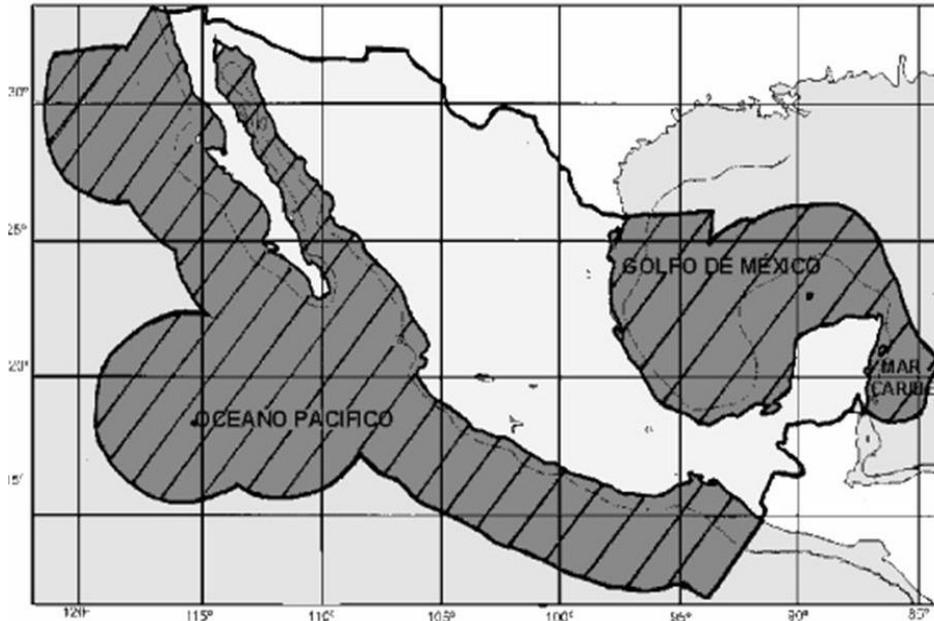


Imagen 1.01.- Extensión marítima de México

Esta es una de las realidades de México que nos invitan a desarrollar el enorme potencial que se cuenta en pro del bienestar nacional¹.

TECNOLOGÍA MARINA

La tecnología es el conocimiento de los procesos de transformación cualquiera de una materia prima en un producto, y se materializa en máquinas, equipos, instrucciones, diagramas, conocimientos y habilidades que tienen como objetivo incrementar el desempeño y la confiabilidad del producto, disminuir los recursos naturales necesarios para ejercer la transformación (tiempo de proceso, mano de obra y cantidad de materia prima)². Esto nos lleva a comprender que la tecnología marina es la tecnología que busca la transformación de los recursos marinos, y su principal ícono es un barco.

Como tecnología marina se hallan una gran cantidad de sistemas, entre los cuales tenemos generadores de electricidad con energía maremotriz, equipos de perforación petrolera, sensores de comportamiento marítimo, etcétera³.



Imagen 1.02.- Ejemplo de plataforma petrolera



Imagen 1.03.- Molinos de viento marinos en un campo de generación de electricidad en Dinamarca

DESCRIPCIÓN DE UN BARCO

Un barco es un vehículo que permite realizar desplazamientos sobre un medio acuático y como tal, está conformado por una estructura flotante, cuya configuración le permite un desplazamiento de agua mayor a su peso, y dependiendo de la carga de transporte, se determina el rango de calados del barco.



Imagen 1.04.- Modelo de proyecto de barco para transporte de chatarra a gran escala

A continuación se comentarán brevemente, los puntos principales que diferencian a los barcos entre sí, para permitir una mayor claridad durante las explicaciones próximas del texto.

Los barcos se clasifican de la siguiente manera:

- Federales:
 - Militares
 - Rescate
 - Investigación
 - Transporte
 - Recursos costa afuera
- Privados
 - Transporte
 - Recursos costa afuera
 - Investigación
- Individuales
 - Yates
 - Investigación
 - Recreación

Sus dimensiones principales son:

- Eslora
 - Distancia entre los extremos de proa y popa que define la longitud máxima del barco.
- Manga
 - Distancia entre los bordes laterales y define el ancho del barco.
- Calado
 - Distancia entre el punto más distante de la línea de agua hacia abajo, que está en el punto inferior de la quilla.
- Freeboard
 - Distancia entre la parte más alta de la superestructura (por encima del agua) y la línea de agua.

Las características técnicas que definen un barco en cuanto, a su desempeño, son:

- Estabilidad
 - Capacidad de oscilación entre laterales y mantenerse en flote sin volcar
- Capacidad de carga
 - Magnitud de peso en materiales que puede transportar bajo rangos normales de operación
- Requerimientos de potencia
 - Tamaño de los motores necesarios para impulsión
- Eficiencia económica
 - Capacidad de obtener beneficios a partir de su configuración

La señalización de un barco es la siguiente: de babor se realiza con el color rojo y la de estribor con el color verde. Durante el día se ven unas placas con estos colores en ambos lados y de noche se encienden las correspondientes luces. De esta forma, un navío que se encuentra a cierta distancia de otro barco puede reconocer fácilmente si éste se acerca o si se aleja⁴.

La proa es la parte frontal del barco, mientras la popa la parte de atrás. Del lado izquierdo se denomina babor y del derecho estribor. Esta nomenclatura se especifica solo desde la vista superior del barco y la razón de nombrar las zonas del barco es debida a que el vehículo puede cambiar de posición y orientación, por lo que el oriente y la derecha no en todas las ocasiones son la misma zona del barco. Esta nomenclatura también permite identificar los equipos y sistemas pertenecientes a cada zona, además de hacer más precisas las órdenes durante los cruceros.

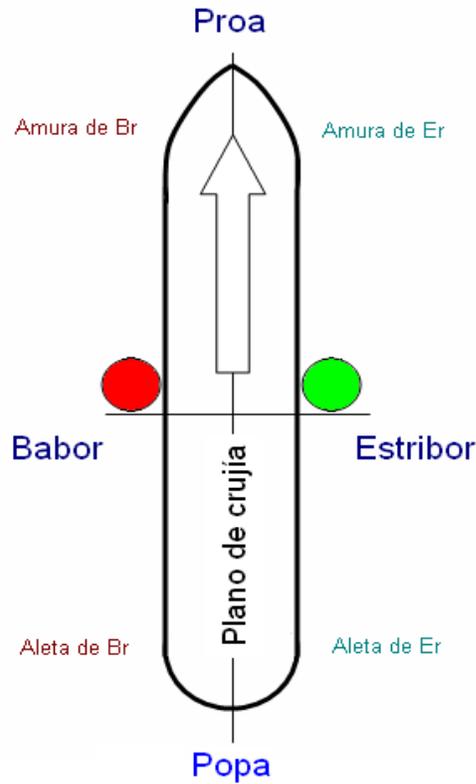
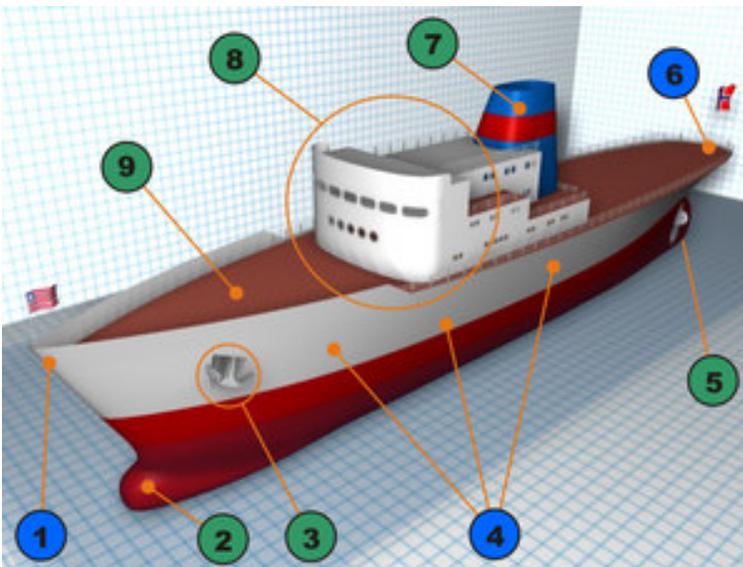


Diagrama 1.01.- Esquema general de la nomenclatura de un barco

Un buque es un barco con variables mayores, y según el tipo de buque es que se definen las magnitudes. En general, todo buque tiene las siguientes partes:



- 1.- Proa
- 2.- Roda
- 3.- Ancla
- 4.- Casco
- 5.- Timón
- 6.- Popa
- 7.- Chimenea
- 8.- Superestructura
- 9.- Cubierta principal

Diagrama 1.02.- Esquema de las partes más importantes de un buque.

A lo largo de la historia, los barcos han sido símbolo de poder y grandeza, debido a que el mar es el único medio que permite la posibilidad de

transportar cargas tan grandes como se desee⁵. El único impedimento que ofrece el mar para el transporte de cargas es la fuerza misma que provocan los cambios climáticos y la oscilación de la carga que provoca que el barco se convierta en un sistema elástico gigante. Estos son los retos que busca resolver la tecnología náutica actual⁶.



Imagen 1.05.- Buque de carga interoceánica en el puerto de Manzanillo

DESCRIPCIÓN DE UN BUQUE OCEANOGRÁFICO

Un buque oceanográfico es un buque con fines de investigación y apoyo a las ciencias del mar. Cada buque está equipado con los aditamentos requeridos para su investigación, tales como radares, sistemas de muestreo, tambores para red, etcétera.

JOIDES Resolution Scientific Ocean Drilling Vessel

Official Number: 6151
Port of Registry: Monrovia Liberia
Year Built: 1978
ABS Class: A1 E Drilling Unit AMS ACCU
Ice Class: 1B
Constructed at: Halifax Nova Scotia, Canada
Last Upgrade: 2008; Jurong Shipyard Singapore
Operated by: Transocean

Length: 470.5 ft
Breadth: 70 ft
Gross Tonnage: 9589 st
Net Tonnage: 2876 st
Light Ship Displacement: 9449 st
Max Load Line Displacement: 18,636 st
Vessel Call Sign: D5BC
Owned by: Overseas Drilling Ltd.

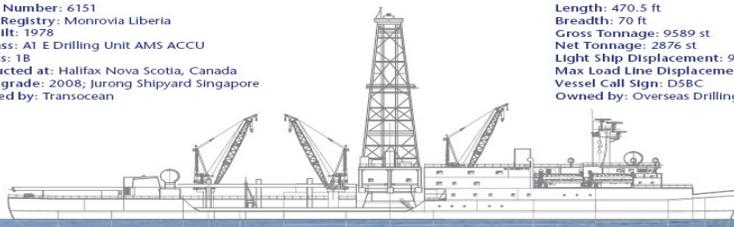


Imagen 1.06.- Buque oceanográfico Joides Resolution

En la imagen anterior se muestra un resumen del buque estadounidense Joides Resolution, el buque oceanográfico más grande del mundo, que no sólo cuenta con los equipos básicos, sino que además cuenta con una torre de perforación flotante de corto alcance, (tomando en cuenta que una de largo

alcance es para operaciones petroleras en aguas profundas), lo que le permite obtener muestras hasta a 400 metros de profundidad⁷.

BUQUES OCEANOGRÁFICOS MEXICANOS

En México, la UNAM cuenta con dos buques oceanográficos construidos en 1980 por el astillero "S.A. Mjellem+Karlsen" en Bergen, Noruega. Ambos navegan en los mares mexicanos y suelen alquilarse para cruceros a zonas extranjeras, pero cada uno tiene su zona de trabajo. En el océano pacífico navega el B/O "El Puma" mientras en el golfo de México navega el B/O "Justo Sierra". Ambos buques son idénticos en construcción, con la única diferencia de la configuración de uno de los laboratorios, pero con el paso del tiempo, cada uno ha tomado su personalidad adaptándose a su tripulación y las necesidades de las campañas que los han llevado. "El Puma" atraca en Mazatlán, Sinaloa, siendo este puerto su base mientras se realizan operaciones, y por su parte, el "Justo Sierra" atraca en Tuxpan, Veracruz.

Las principales características de ambos B/O son:

Dimensiones principales:

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| Longitud total | 49.99 m |
| Longitud de línea de agua | 46.45 m |
| Manga | 10.30 m |
| Profundidad de superestructura | 8.70 m |
| Profundidad a cubierta principal | 4.35 m |
| Calado de diseño | 4.30 m |
| Calado máximo | 5.05 m |
| Desplazamiento | 1,050 toneladas |

Capacidades

Tanque de combustible 183 metros cúbicos

Agua fresca 46 metros cúbicos

Hospedaje 15 oficiales y 20 científicos

Capacidades de motor y velocidad

1,650 hp, 14.3 nudos, 7,680 millas náuticas, 22 días

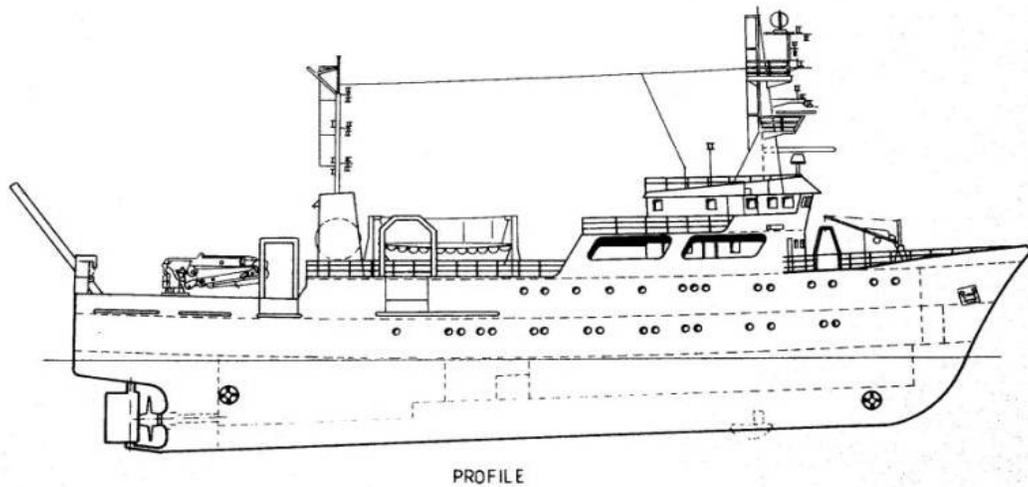
1,250 hp, 13.0 nudos 8,850 millas náuticas 28 días

750 hp, 11.1 nudos 11,870 millas náuticas 45 días

El barco está diseñado para climas tropicales y subtropicales, no para mares congelados⁸.



Imagen 1.07.- B/O "el Puma"



B/O EI PUMA

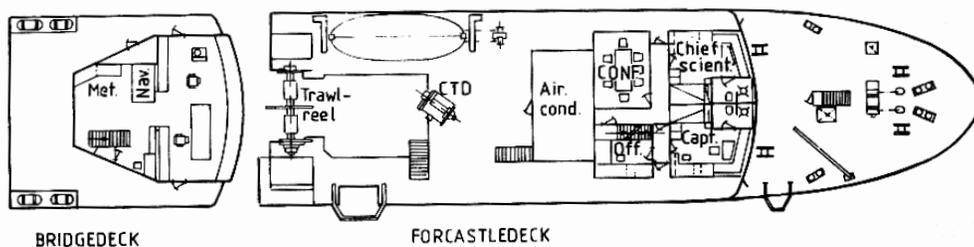


Imagen 1.08.- Plano esquemático del B/O El Puma

INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS

El mar es un sistema de alta complejidad. Para su estudio se requieren los esfuerzos de una gran variedad de profesionales, desde oceanógrafos hasta ingenieros. La oceanografía es la rama de las Ciencias de la Tierra que estudia los procesos biológicos, físicos, geológicos y químicos que se dan en los mares y en los océanos.

Existen cuatro ramas principales de la oceanografía: oceanografía biológica, oceanografía física, oceanografía geológica y oceanografía química.

Oceanografía Biológica: estudia la biota marina y su relación con el medio. Se divide en:

- Oceanografía pelágica: Aguas abiertas del océano, lejos de la costa y fuera de la plataforma continental
- Oceanografía nerítica: Cerca a la costa que se encuentra cubriendo a la plataforma continental
- Oceanografía bentónica: Sobre la superficie del fondo marino
- Oceanografía demersal: Estudia los procesos biológicos que ocurren sobre el fondo marino.

Oceanografía Física: Estudia los procesos físicos que ocurren en el mar, tales como la mezcla (difusión molecular y turbulenta de las propiedades del agua de mar), las corrientes, las mareas y el oleaje.

- Oceanografía descriptiva: Describe la distribución y características de las masas de agua en los océanos. Constituye la contraparte marina de la hidrografía continental.
- Oceanografía dinámica: Estudia el movimiento del agua de los océanos y sus causas.
- Oceanografía meteorológica: Es la rama de la oceanografía física que estudia a las interacciones entre la atmósfera y los océanos.

Oceanografía geológica: Estudia los procesos geológicos que afectan a los océanos.

- Procesos costeros: Estudia la geomorfología y dinámica de los cuerpos costeros como deltas, estuarios, esteros, playas y lagunas costeras.
- Sedimentología marina: Estudia el transporte y depósito de sedimentos, principalmente la erosión y acreción de las playas y cuerpos costeros.

Oceanografía química: Estudia la composición química del agua de mar.

- Contaminación marina: Estudia las alteraciones en la composición química del agua de mar producidas por el efecto antropogénico.

Dentro de la investigación oceanográfica hay una gran diversidad de zonas de estudio, que son abordadas desde el punto de vista de cada una de las disciplinas que la conforman. Una de esas zonas es el estudio del suelo marino.

El suelo marino está conformado por la materia ubicada originalmente en la posición que fue inundada por las aguas además de toda la materia depositada en estos puntos a lo largo de la historia. El análisis del suelo marino permite obtener una cantidad enorme de información que permite demostrar hipótesis y plantear futuras investigaciones. Entre la información que se obtiene, tenemos la composición química, biológica y física del suelo en algún punto determinado, la profundidad a la que se encuentra y diversas variables que son propias de la investigación a realizar. Un ejemplo es el análisis del historial de sedimentos en una zona para determinar las razones de la contaminación del área. Este análisis se realiza estudiando las composiciones de los diversos estratos que han sido depositados en una zona específica del suelo marino. Por ejemplo, si se desea saber cuál ha sido el historial de contaminación sobre la desembocadura de un río durante los últimos 100 años, se toma una muestra del fondo que represente los depósitos realizados en esta zona durante los últimos 100 años. Esto se determina evaluando la tasa promedio de depósito, es decir, si se estima que cada año se depositan 1.2 mm de materia desde la tierra hacia el río, la muestra debe contener más de 120 mm de profundidad para obtener los datos.

En la siguiente figura se muestra un esquema de cómo es que se forma el suelo de un río. El mismo comportamiento se presenta en el fondo del mar, a diferencia de que la distancia entre el suelo y el nivel es mucho mayor, lo que provoca una mayor brecha entre el punto de entrada al mar del material y el punto de deposición, por lo que la zona de muestreo puede tener una representatividad pobre, en comparación de la de un sistema donde el recorrido de las partículas es menor, tal como un río.

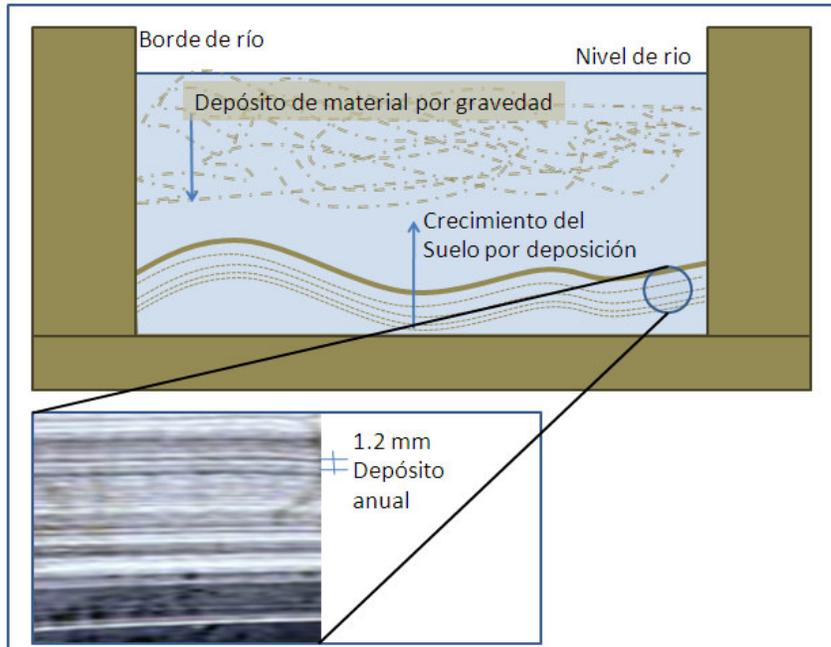


Diagrama 1.03.- Esquema de formación del suelo de un río

Este tipo de muestras del fondo de un cuerpo de agua, se obtienen con un dispositivo denominado nucleador, cuya función es penetrar la superficie del fondo del cuerpo líquido y obtener una muestra de suelo, denominada núcleo, que tiene una forma cilíndrica y que una vez que se toma del suelo, segmenta para el estudio de sus estratos.

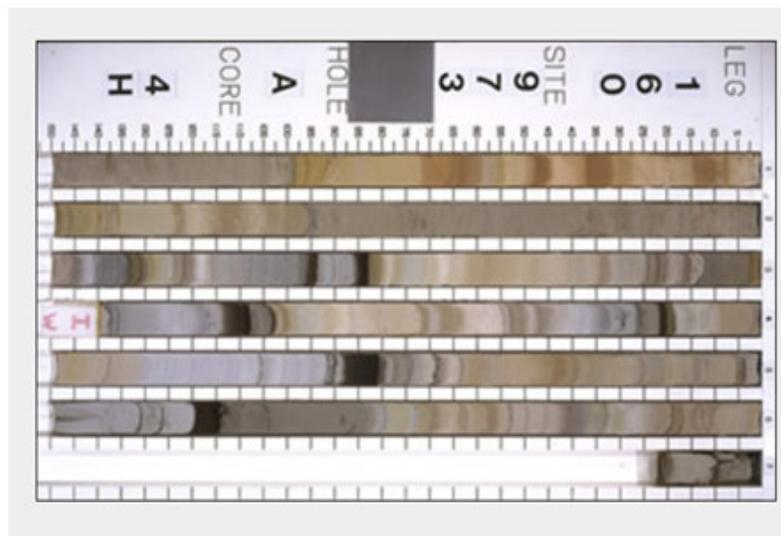


Imagen 1.09.- Ejemplo de un núcleo expandido para clasificación

Los núcleos se obtienen con un nucleador, que es un dispositivo que mediante algún efecto mecánico, penetra el suelo marino y retiene una muestra de lodo, muestra que puede ser retirada al recuperarse el sistema⁹.

Existen 3 clases de nucleadores, los de gravedad, los de pistón y otros. Los de gravedad emplean únicamente la fuerza gravitatoria para ser acelerados y penetrar en el suelo. Se componen por un cilindro, que a su vez sirve de empaque para la muestra, un sistema de unión al barco y una carga mecánica que le permite penetrar. Su método de retención de muestra es mediante una nariz con expansores de lámina, es decir, hojas metálicas delgadas que se retraen durante la presión, pero que se extienden al tener carga inversa e impiden el escape de materia, y se obtienen núcleos de 3 a 4 metros de longitud en suelos arcillosos. Este nucleador es el que se emplea actualmente en los B/O de UNAM y se le conoce como Tepule.



Imagen 1.10.- Nucleador de gravedad "Tepule"

Los nucleadores de pistón, o también conocidos como Kullembler, y además de utilizar el principio de gravedad, utilizan el efecto de vacío colocando un pistón en el interior del núcleo, lo que permite obtener una retención mayor y recoger más muestra durante una penetración. La mayoría de los nucleadores de alta penetración ocupan este principio.

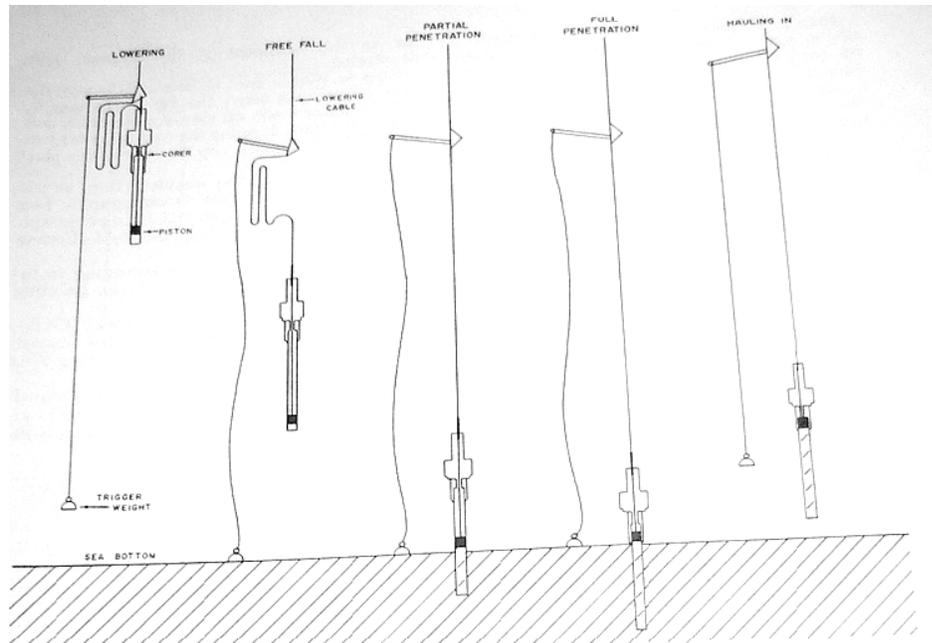


Imagen 1.11.- Esquema de operación de un nucleador de pistón

Los otros nucleadores utilizan otros métodos de penetración, tales como perforación rotatoria y impulso hidráulico. Estos nucleadores requieren una infraestructura mayor y se justifican solamente en casos especiales, tales como obtener núcleos de alta profundidad o de gran precisión.

EL PROYECTO “PROPUESTA DE UN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UN NUCLEADOR LARGO PARA INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS”

El proyecto nace como una búsqueda por aplicar las metodologías de diseño por parte del autor en un desarrollo tecnológico real, por lo que se buscó algún investigador interesado en un trabajo de esta naturaleza y se encontró que a la Dra. Maria Luisa Machaín Castillo, investigadora del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Le interesaba un Nucleador largo, por lo que se desarrolló todo el conocimiento inicial necesario para diseñar y construir uno, aunque durante el avance del trabajo, no hubo el apoyo suficiente y el proyecto quedó como una propuesta de desarrollo tecnológico que puede ser retomado por algún interesado en el tema.

BIBLIOGRAFÍA

1. Beltrán E., *Leamos la Ciencia para todos, tomo MÉXICO Y SUS MARES I*, 2002, Ed. Fondo de cultura económica.
2. Hatamura Y., *The practice of machine design*, Clarendon Press Oxford, 1999.
3. U.S. Naval Oceanographic Office, *Instruction Manual for Obtaining Oceanographic Data*, 1968, tercera edición.
4. Elementos de Arquitectura Naval. Librería editorial Alsina Buenos Aires 1986. [ISBN 950-553-026-9](#) (pag 2).
5. Teoría del Buque. Cesáreo Díaz Fernández Barcelona 1972 B 43259 1972 (pag 5).
6. Estructura del Buque. Ricardo E. Vazquez. Ediciones de la Cueva. Buenos Aires 1978. Pág 201.
7. <http://www.whoi.edu/page.do?pid=8496>, página oficial del Woods Hole Oceanographic Institute
8. <http://www.buques.unam.mx/> página oficial de los buques oceanográficos de la UNAM.
9. <http://www.whoi.edu/oceanus/viewArticle.do?id=26407> página Oceanus, The magazine (chechar dato) detalles de nucleador largo

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA Y

APLICACIÓN

Los diseñadores son como chefs cocinando un platillo. Los ingredientes son iguales aunque el sabor sea distinto.

Dr. Alejandro Ramírez Reivich

2.1-INTRODUCCIÓN

En este capítulo se muestra la adaptación de metodologías de diseño y su aplicación para desarrollar un nucleador largo para investigaciones oceanográficas. Esta metodología es una combinación entre:

- Metodologías, teorías, tendencias y escuelas de diseño de autores relevantes en la materia
- Una propuesta de integración que se basa en la adaptación de metodologías y herramientas de diseño diversas a un esquema de proyectos definido.

Combinar estos conceptos busca obtener un plan de trabajo que permita separar un proyecto de diseño de complejidad media a elevada a una serie de subproyectos que permiten distribuir el trabajo y desarrollarlo de manera concurrente.

Por ejemplo, en el caso del diseño de un sillón para oficina, se pueden utilizar una gran cantidad de metodologías "puras", pero con la aplicación de esta metodología, se busca utilizar lo más adecuado de cada metodología y el caso podría ser combinar las tendencias de Diseño sustentable más la innovación del diseño de la escuela Stanford.

El objetivo de esta integración de metodologías es unir el conocimiento que tenga el diseñador de diversas metodologías y herramientas, en un esquema de proyecto, que puede ser aplicado a cualquier diseño.

Esta integración ha sido definida, en este caso, para ser aplicada en el proyecto del desarrollo tecnológico de un nucleador largo para investigaciones oceanográficas, pero puede ser aplicable para proyectos de diseño donde existen una gran cantidad de incógnitas a resolver y es necesario dividirlo en actividades para poderlo concluir.

Tradicionalmente en un trabajo de esta naturaleza, se expresa primero la metodología y posteriormente el desarrollo de la misma, pero para fines didácticos, se ha pensado que incrementa la facilidad de entendimiento del texto la visión conjunta e inmediata de la metodología y su aplicación. Por lo tanto, en este capítulo se presenta una explicación del fundamento de la integración y posteriormente se comenta la progresión de la metodología y su aplicación.

2.2.-INTEGRACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO DE DIVERSAS METODOLOGÍAS EN UN ESQUEMA DE PROYECTO

El diseño es una actividad intelectual cuyo objetivo es proponer una manera de realizar algo, dentro de un proyecto, el diseño se califica como la fase creativa. En la Tabla 2.01 se muestra una breve descripción de las fases de un proyecto.

| Tipos de fases | Característica | Denominación | Dependencia básica |
|-----------------------|--|---|---|
| Creativas (Diseño) | Transformación de la idea en un proyecto | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de magnitud • Estudio preliminar • Anteproyecto • Proyecto | Del proyectista |
| Construcción | Transformación del proyecto en realidad física | <ul style="list-style-type: none"> • Realización | Del proyectista, de los proveedores y de la empresa |
| Explotación | Vida del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> • Producción • Distribución • Consumo • Retiro del Proyecto | De la empresa |

Tabla 2.01 Clasificación de fases [Gómez,1992]

El diseño es una actividad totalmente contextual [Ruiz, L. 2008], porque está totalmente encadenado a todas las situaciones que lo rodean. Esto convierte al diseño en un proceso complejo en el que se busca que a partir de un "quiero" se llegue a un "esto lo cumple". Este proceso puede ser lineal o recurrente, por lo que el proceso real de diseñar algo totalmente nuevo no está definido al inicio, sino hasta el final. Dícese nuevo a algo que no existía antes como forma básica o a algo que no había hecho antes el diseñador, tal como el diseño de una máquina distinta a las que anteriormente se habían hecho, sobre la marcha aparecen consideraciones que solo la experiencia puede definir desde un principio.

Por su parte, un proyecto es una serie de pasos para convertir una idea en un sistema objetivo de cualquier índole. Cualquier decisión que se tome en esta etapa repercutirá de manera trascendente en un futuro, tal y como se muestra en la siguiente gráfica, donde el costo de cada fase aumenta conforme avanza el proyecto, al mismo tiempo que las ideas comienzan a dejar de ser conceptos para convertirse en actividades detalladas perfectamente definidas.

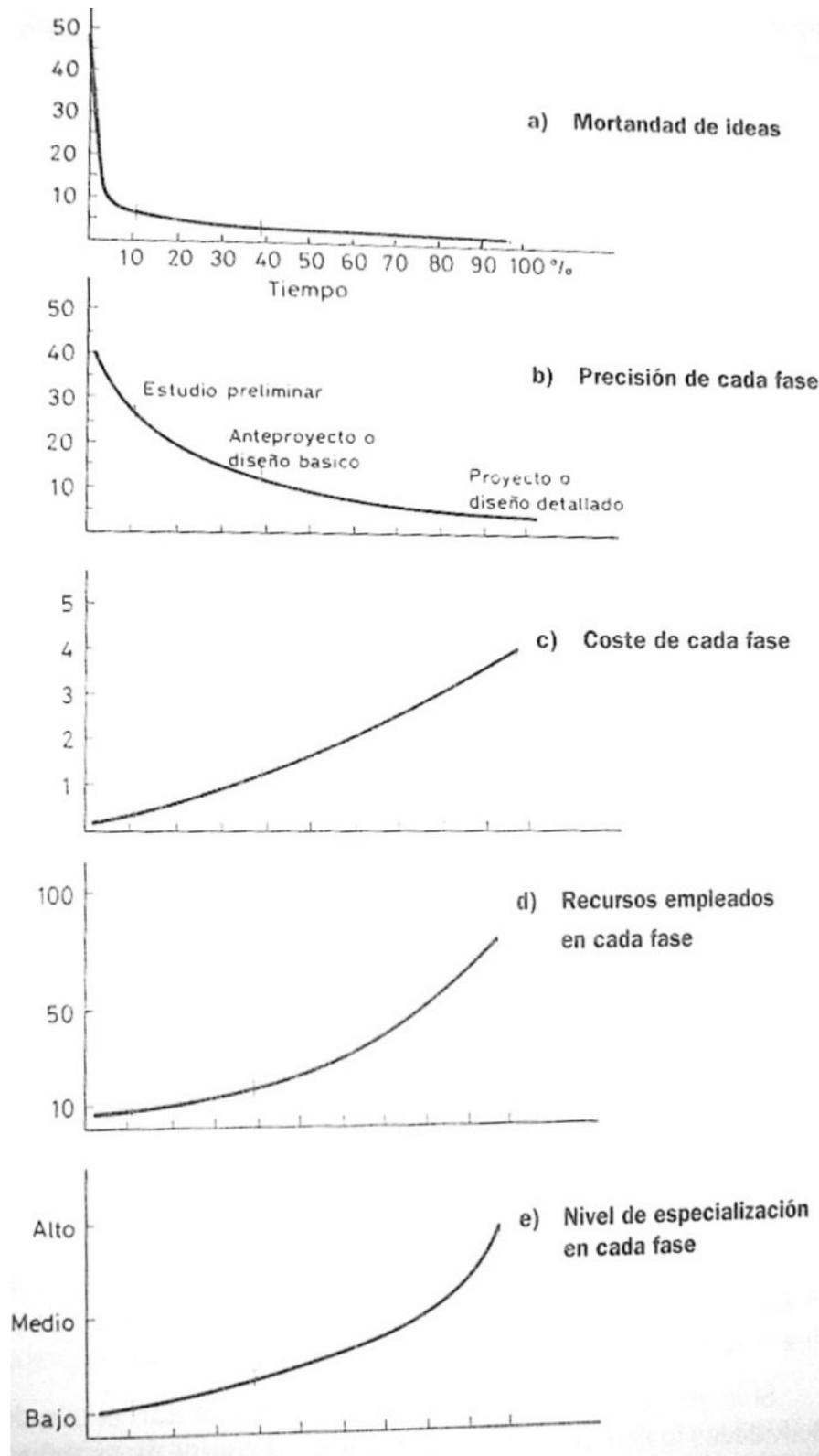


Imagen 2.01 Comportamiento de cada fase respecto al avance del proyecto [Gómez 1992]

Estas definiciones de diseño y proyecto nos remiten a que planear un proyecto del que no son claras las actividades a realizar es una tarea que no

ofrece una visión exitosa de la administración de los recursos, pues no es conocida con precisión cada una de las actividades en determinados puntos, lo que provoca que tampoco lo sean las demás, los recursos necesarios ni el personal y tampoco su capacitación requerida específica.

Es decir, dentro de un proyecto, el diseño es una etapa, pero ¿Qué sucede cuando el diseño es muy grande? En estos casos, el diseño se convierte en un proyecto dentro de otro proyecto más grande. A esto surge una complejidad: la administración del diseño.

Este trabajo ha sido un caso de este tipo, que de inicio, parece un problema sencillo, pero conforme avanza el conocimiento del problema, las complicaciones aparecen y se acumulan. Por esto se propone en el presente trabajo extraer lo necesario de las metodologías de diseño y plantear un plan de trabajo para concluir el proyecto de manera exitosa. Por lo que es primordial encontrar una manera de ensamblar y aplicar en conjunto las metodologías. Para generar el plan de trabajo, es necesario identificar el momento, en el que el diseño se transforma en un programa de trabajo. Antes de este punto, podríamos llamarlo la Definición, y después la Programación.

1. **Definición.** El proceso de diseño se escribe como un diagrama de flujo a seguir, por lo que sólo se definen objetivos y tiempos de entrega de cada elemento.
2. **Programación.** Una vez definido el diseño y sus actividades necesarias, se programan las actividades pendientes.

2.2.1.- ETAPA DE DEFINICIÓN

Dentro de esta etapa el problema se va estudiando por diferentes caminos, hasta que se logra un pleno entendimiento. Para lograr una integración exitosa, se estudiaron las metodologías de diseño que pudieran aportar más al proyecto, y se separaron en actividades definidas. Por ejemplo, en la escuela de diseño de Stanford³, se tiene una etapa de “estudio de sombra” que significa analizar el comportamiento del usuario evitando el hacerlo sentir observado para mejorar la fluidez de sus hábitos, y en otra metodología de diseño, como es la del Dr. Guillermo Aguirre Esponda⁶, se buscan los problemas inherentes a resolver en un producto, entonces, al combinar ambas etapas en una integración se obtiene que el **estudio de sombra** permite hallar los **problemas inherentes**, (en caso de que los problemas inherentes estén relacionados con el usuario) es decir, que se logra un mayor

impacto en la solución de un problema de diseño, pues no es común que haya una metodología para cada tipo de diseño.

Para integrar estas metodologías fueron separadas en actividades separadas, escritas en un juego de tarjetas y finalmente ordenadas para posteriormente generar el diagrama de flujo del proceso de diseño para este trabajo.

A continuación se muestra como ejemplo, las tarjetas ordenadas para obtener el conjunto de especificaciones.

La etapa de definición busca encontrar las metas de diseño, el concepto de diseño y darle la configuración inicial para poder establecer el resto de las actividades de detalle.

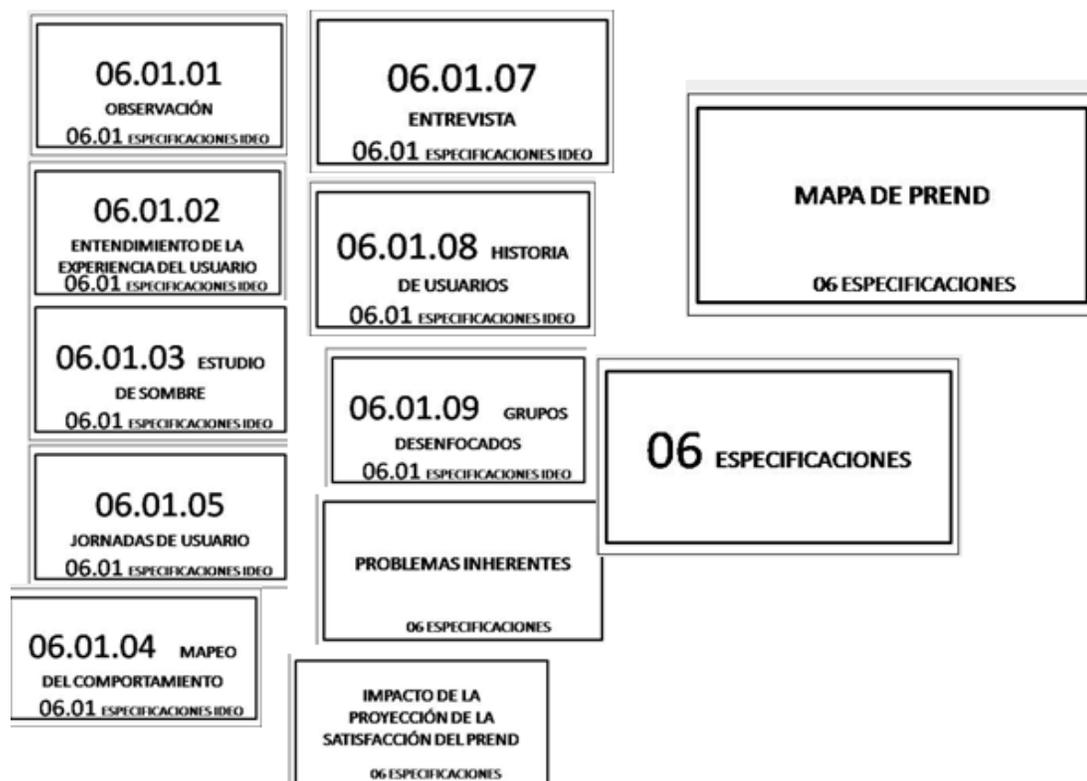


Diagrama 2.01.- Tarjetas para ordenar la manera de obtener especificaciones

2.2.2.- ETAPA DE PROGRAMACIÓN.

En esta etapa ya han sido definidos tanto el concepto como la configuración inicial, así como las metas de diseño que requieren desarrollo, por lo que se comienza a completar el diseño de configuración agregando y ordenando los elementos que conforman al diseño a la configuración inicial.

En la propuesta de desarrollo de un nucleador se clasificaron las metas de diseño de modo que se mostrara si un arreglo de configuración era necesario para satisfacerlas. Esto implica que a la configuración inicial se le agreguen elementos hasta que se cumplan con las metas de diseño. Esto puede programarse con alguna certidumbre debido a que la definición ya es elevada y el problema es un subsistema mucho más sencillo [Aguirre 2008].

Por ejemplo, se anexan en este apartado tres metas de diseño que impactan en la configuración. Para desarrollarlas se puede hacer un plan para cada una y pueden ser llevadas a cabo incluso de manera independiente.

| CONFIGURACIÓN | | |
|------------------|----------------|---|
| DIRECTRIZ O META | IND, CONF, USO | METAS DE DISEÑO |
| M8 | C | NO EXTRAVIAR MATERIALES Y EQUIPOS PERTENECIENTES AL SISTEMA |
| M52 | U C | NO ALTERAR ESTABILIDAD DEL B/O |
| M54 | C | RETENCIÓN DE SEDIMENTO MÁXIMA |

M8→

- Actividades: desarrollar una solución para no extraviar materiales y equipos,
- Notas: Requiere definición de otros sistemas para adaptarlos a la especificación.
- Responsable: pend.
- Tiempo de desarrollo: pend.

M52→

- Actividades: Definir las capacidades de trabajo del B/O para establecer rangos de operación para el nucleador.
- Notas: n/a.
- Responsable: CTUA
- Tiempo de desarrollo: 3 días

M54→

- Actividades: Diseñar y construir un sistema de retención de lodo para el nucleador
- Notas: n/a
- Responsable: CTUA
- Tiempo de desarrollo: 4 semanas.

Esto puede realizarse con todas las actividades y elaborar un programa general de trabajo con el que se obtiene una idea más clara de tiempos de entrega, costos y actividades pendientes.

Una vez generado el conjunto de actividades de diseño a desarrollar, se pueden establecer responsables de dibujo detallado, análisis, cálculo de dimensiones y otros, además de tiempos de trabajo y fechas de entrega. Esto conlleva a la generación de toda la información de ingeniería pertinente para la construcción de prototipos detallados y/o el sistema completo. Esta etapa puede ser programada en función de la información de ingeniería.

2.3.- METODOLOGÍA DE DISEÑO.

La metodología a aplicar en esta propuesta se define como una integración de escuelas y herramientas de diseño aterrizadas en un esquema de proyectos. Debido a que las corrientes filosóficas de diseño son variadas, complejas y requieren un estudio intensivo, el autor se empleará las que conoce, comprende y cree que pueden ser de mayor utilidad para su propósitos, y éstas son:

- Alejandro Ramírez Reivich en el diseño conceptual (ARR) ⁵
- Guillermo Aguirre Esponda en el diseño de configuración (GAE) ⁶
- Hatamura en el diseño de máquinas apegado a un plan de proyecto (HAT) ⁴
- Stanford en la identificación de las especificaciones (STF) ³
- Diversos elementos de otras corrientes (DCD)

Se han seleccionado los puntos de mayor interés y aplicación para este proyecto. Es decir, se plantea identificar las especificaciones del proyecto “viviendo” la experiencia del diseño (STF), una vez reconocido al usuario, identificar el mejor concepto a través de pequeños experimentos que permitan identificarlo (ARR), y finalmente corregir el concepto para librarlo de la mayor cantidad de problemas inherentes (GAE). Posteriormente a la generación del diseño, viene la etapa de ingeniería de detalle, en la que se emplea la escuela tradicional de ingeniería de buscar los valores adecuados para proyectar. Todo esto bajo una estructura general del proceso de diseño [Hatamura] que se muestra en el diagrama 2.02.

El enfoque de aterrizar el proceso de diseño en un esquema de proyecto nació con la búsqueda de una manera de ensamblar los puntos fuertes de una metodología en un esquema lo suficientemente flexible para que pudieran empalmar, y a la vez lo suficientemente rígido como para fijar metas.

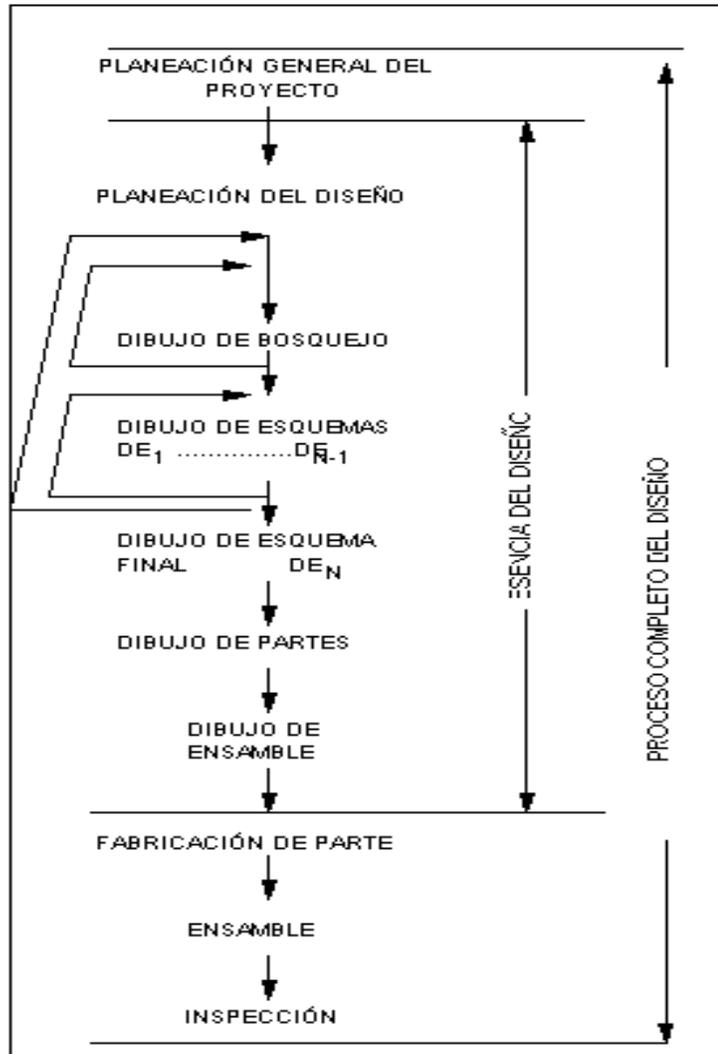


Diagrama 2.02 Proceso de diseño llevado como proyecto⁴

2.3.1.-EL DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL

Generalmente, en todas las escuelas de diseño, se manifiesta el proceso de diseñar con diagramas de flujo y una de las prácticas comunes de todo diseñador que comienza a buscar su manera de diseñar, es buscar entre todos los diagramas de flujo y adoptar el que mejor se acomode a sus conocimientos. Es decir, como diseñador buscas el "proceso de diseño ideal" y sobre la marcha te das cuenta que ni existe un proceso que se aplique para todos los casos, ni tampoco es posible aplicar a un caso un método al pie de la letra. Esto significa que la complejidad del proceso de diseño para establecer "un diagrama de flujo" que guíe el trabajo radica en que al ser el diseño un proceso contextual, requiere un procedimiento propio y como no lo hay, la tendencia es hacer a un lado los métodos de diseño y aplicar el criterio en

diferentes grados, que pueden ir desde modificar sutilmente un diagrama de flujo hasta enfrentarse directamente al problema de diseño y dejarse llevar libremente resolviéndolo sobre la marcha.

Esta peculiaridad tiende a que las metodologías de diseño se conviertan en líneas muy sutiles y que se apliquen muy a la ligera, pero una manera de resolver esta peculiaridad es establecer “un diagrama de flujo guía” a partir de los puntos importantes aplicables de otras metodologías.

Aplicándolo a este trabajo, se extrajeron segmentos de las metodologías comentadas y al analizar el problema se determinó cuales podrían brindar un mayor desempeño. Por ejemplo, en la metodología Stanford existe un “estudio de sombra” que tiene una actividad “similar” en la metodología de Kano “encuesta libre”. No son idénticos, pero ambos buscan entender al usuario y según el criterio del autor, es más útil un estudio de sombra que una encuesta.

Se estudia el problema y poco a poco van saltando a la vista las herramientas de otras metodologías que podrían usarse. Se enlistan, se ordenan en etapas generales y se convierten en diagramas de flujo a seguir.

Esto permite entender mejor el problema y tener más información, además que se obtiene una guía de avance que al mismo tiempo es flexible y puede ser modificada sobre la marcha.

La principal ventaja de tener este diagrama de flujo guía es que puede subdividirse el trabajo en actividades definidas entre diseñadores y se tiene una visión más clara de todo lo que se tiene que hacer. Así se tiene una idea clara de todo lo que se tiene que hacer, se conoce como se realiza y ahora sólo es ejecutar. Un ejemplo de aplicación al trabajo es que se ha determinado que se aplicará “el estudio de sombra” de la escuela Stanford, “la generación del autómeta” de la escuela Aguirre, “la determinación del mejor concepto” de la escuela Reivich, entonces, se aplican estas actividades.

Aplicado al trabajo, se determinó el siguiente diagrama de flujo general que se convierte en el esquema a grandes rasgos del proyecto de desarrollo tecnológico de un nucleador largo para investigaciones oceanográficas.

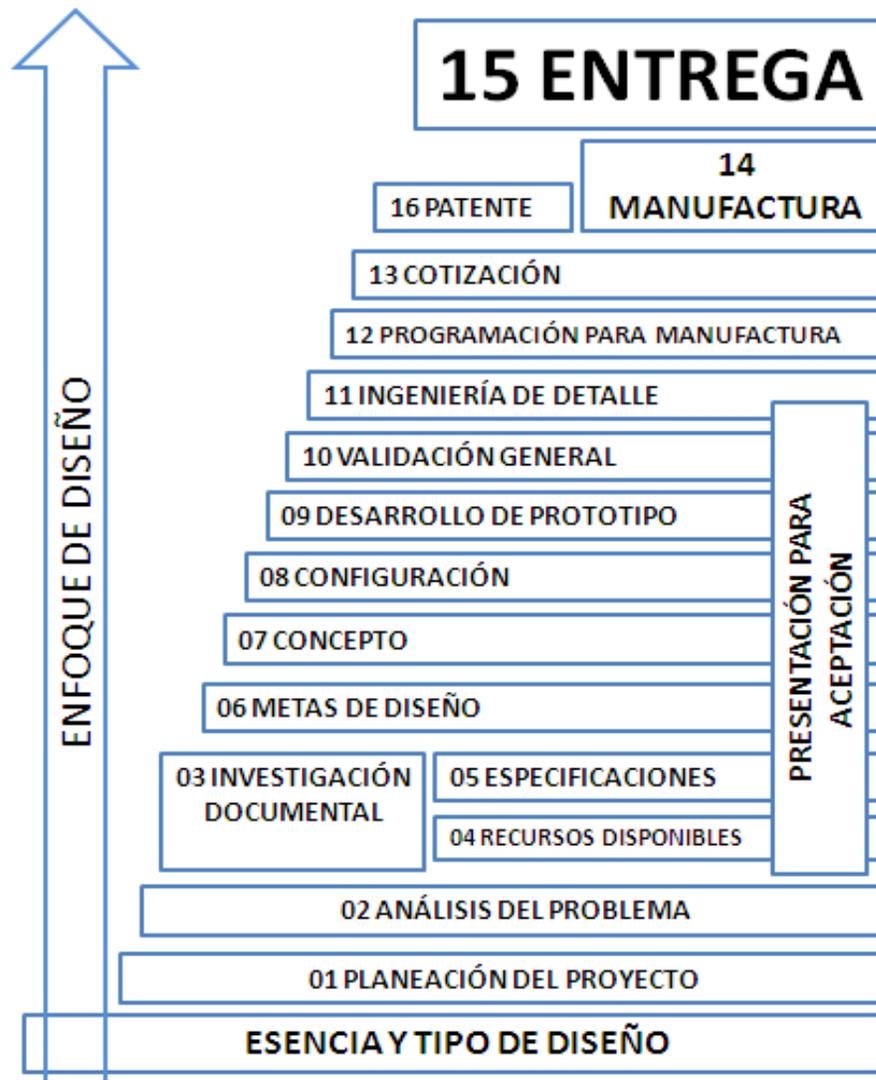


Diagrama 2.03 Estructura primordial del proceso de diseño

Cada una de las etapas establecidas, implica una serie de actividades necesarias para poder realizar el diseño.

Desde el punto de vista del autor, se establece que es muy útil definir que tipo de trabajo se hará y hacia quien deberá ser enfocado, ya que esto marcará el camino del proceso. Para esto, en la **figura 2.03, al lado izquierdo y en la base**, se observan **LA ESENCIA Y TIPO DE DISEÑO**, y **EL ENFOQUE DE DISEÑO**** que permiten determinar el diseño que se está realizando, es decir, ¿Es un diseño para hacer un nuevo producto?, ¿Un proyecto para la empresa?. Lo mas importante de esta "cimentación" es que no se convierte en una fase propiamente hablando, sino en un punto de inicio y una estrategia de resolver el problema.

El nucleador largo, es un proyecto para desarrollar un sistema que aumente la capacidad de análisis del suelo marino de un buque oceanográfico.

Antes de comenzar a diseñar y empezar a proponer conceptos y demás, es mejor identificar qué tipo de diseño se está buscando realizar y cuál es su esencia, debido a que permite entender de mejor manera qué diseño es el que se espera obtener. Entendemos por tipo de diseño la clase de desarrollo que se realizará, es decir, puede ser un sistema técnico, uno estético, un rediseño, etcétera.

**** términos establecidos por el autor que permiten definir la estructura del proceso de diseño, pero que su definición va más allá de los alcances de este trabajo. Como referencia, podría decirse que el enfoque "son las especificaciones para diseñar el proceso de trabajo" y el tipo "la especie de actividad"**

En este caso es un sistema técnico¹ para obtener muestras del fondo del mar, es decir, una máquina para obtener núcleos de lecho marino para análisis posteriores.

Para determinar cuál será la esencia del diseño, se estudia al cliente, el área y todo aquello que salta a primera vista. En primer lugar, es un diseño para una institución científica o para una empresa de prospección de hidrocarburos. Luego se analiza el diseño como una pieza dentro del flujo de actividades normal durante su trabajo, es decir, que es lo que el cliente ve realmente a partir del diseño que se busca, que en este caso es un sistema de obtención de información, y finalmente se determina cual es la importancia que se ofrece al cliente, lo que permite determinar la esencia del diseño.

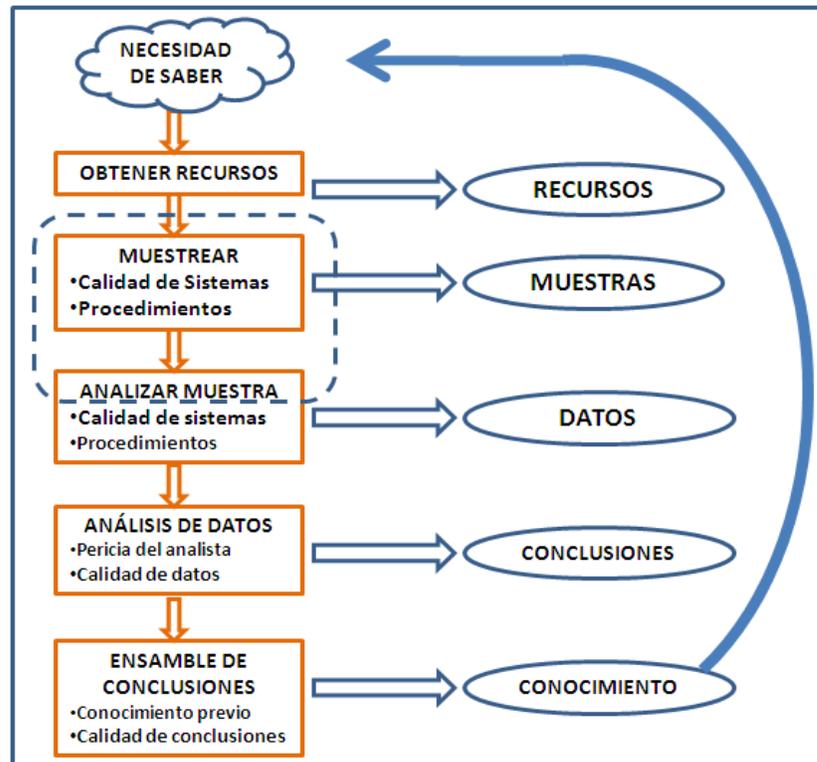


Diagrama 2.04 Flujo de actividades general del cliente durante una investigación.

En el diagrama se aprecia como dentro del ámbito científico de investigación, al igual que durante una prospección, las actividades llevan un flujo que tiene como motivación la necesidad de saber. Posteriormente se requieren recursos para llevar a cabo una investigación, se toman muestras de la zona a estudiar, se analizan y se obtienen conclusiones, que al ser ensambladas con el conocimiento previo se resuelve la necesidad inicial de saber y el conocimiento que se buscaba es desarrollado.

Este diagrama ayuda a establecer la importancia que recaerá en el sistema. La zona punteada establece la frontera donde impacta en mayor medida este diseño, pues, la calidad del sistema y los procedimientos que se lleven a cabo durante el muestreo, generarán una calidad de muestra que será la responsable de los datos que sean generados.

La frontera de este diseño llega hasta parte del análisis de muestra pues debe ser tomado en cuenta desde el instante que se toma la muestra hasta el momento en el que se inicia el análisis completo. Por lo tanto, el diseño debe tener la mayor congruencia entre lo que hay en el fondo del mar y lo que se esté estudiando en los sistemas de análisis. y es importante recalcar que entre

menor sea la brecha entre las propiedades de la muestra y de su origen, mayor es la representatividad que ofrece la muestra de su zona de origen.

Analizando este punto nos permite identificar que la esencia del diseño es obtener trozos de lodo del fondo del mar, con ciertas características y que la diferencia entre lo que se obtuvo y lo que se analiza, sea lo menor posible, es decir, la esencia del diseño es hacer un sistema que permita obtener una muestra, donde el impacto que tenga el dispositivo sobre esta muestra, sea tan pequeño que no altere los datos, generando así, conclusiones de calidad. **La esencia de este diseño es lograr la congruencia máxima posible entre lo que hay en el fondo del mar y lo que se analice posteriormente.**

El tipo de diseño es un sistema técnico cuya función es extraer muestras.

Del lado izquierdo del diagrama 2.03 está el **Enfoque de diseño** e indica la dirección. Por ejemplo, si el enfoque es “diseño sustentable” deben tomarse en cuenta fases de reciclado, materiales reciclables, etcétera, como en el caso de una botella biodegradable.

El **Enfoque de diseño** para este proyecto es

- Diseño por confiabilidad.

A diferencia de las especificaciones, el enfoque de diseño está conformado por las directrices del proyecto, es decir, una especificación es un objetivo a cumplir pero una directriz es un criterio a seguir.

La estructura básica del proceso de diseño que se aplicará para esta propuesta de desarrollo de un nucleador, será comentada someramente a continuación.

Comienza con una **Planeación del proyecto**, para definir, o al menos establecer un tentativo, de cómo serán realizadas las actividades, fechas de entrega.

Posteriormente un **Análisis del problema** permite justificar el resto de las acciones. Por ejemplo, un distribuidor vial para resolver los cuellos de botella automolísticos que provoca una avenida sumamente congestionada, es una propuesta para solucionar el problema del transporte urbano en esta zona, pero la construcción del distribuidor no garantiza que el problema sea solucionado, por lo que una solución exitosa implica un análisis previo adecuado.

El análisis del problema es una etapa formal en la que un método el método científico puede dar excelentes resultados.

La **Investigación documental** implica coleccionar toda la información necesaria para llevar a cabo el diseño, y puede ir desde estudiar otro diseño similar hasta conseguir los últimos artículos científicos de las publicaciones en boga que sean útiles para el diseño a desarrollar. En esta fase una de las herramientas más fuerte es el Benchmarking que implica estudiar diferentes diseños y hacer un monitoreo tecnológico al respecto.

Los **Recursos disponibles** es un término que se emplea para mostrar el estudio que permite conocer cual el presupuesto, la infraestructura, el apoyo y demás elementos de los que se dispone para llevar a cabo el diseño. Es importante tener una idea clara de los recursos con los que se cuenta, ya que hasta esto puede influir en el camino que se tomará para llevar el diseño, pues no es lo mismo diseñar un sistema de transmisión de velocidades de un autómóvil en los talleres de desarrollo de alguna marca reconocida que en un taller donde no se tienen estos recursos.

Las **Especificaciones** son el conjunto de requerimientos que necesita cumplir el diseño, pues un diseño es un montón de especificaciones hechas realidad. Como ejemplo, una de las especificaciones que dio vida a los onerosos proyectos de investigación espacial de diversos países, fue "ver el planeta Tierra desde afuera de él", y a pesar de su simpleza, esta frase costó miles de años de desarrollo humano para poder ser hecha realidad. La especificaciones se obtienen de una gran cantidad de maneras, desde el cuestionario directo hasta estudios complejos de comportamiento psicológico, estudios científicos prolongados, análisis financieros diversos y demás, todo depende de la metodología o escuela que se emplee para determinarlas.

La escuela del Ph.Dr. Larry Leifer, de la Universidad de Stanford, California, tiene como base la determinación correcta de las especificaciones de cada cliente y su metodología es sencilla y aplicable: implica vivir la experiencia del cliente y a partir de una real y cercana apreciación, definir que es lo que el cliente quiere.

Las **Presentaciones para aceptación** son los medios que se emplean para determinar si las partes están de acuerdo y se continúa con el diseño. Mas que una fase, esto es un medidor que permite establecer continuamente la congruencia entre el grupo de diseño y el cliente o el promotor. En los procesos de diseño no se hace notar este punto, pero es necesario hacerlo para no

olvidar que debe haber una retroalimentación continua entre las partes involucradas, pues la marcha acelerada de los proyectos provoca un distanciamiento, que en el momento que se obliga a una presentación, se hallan una gran cantidad de incongruencias que en otras etapas del diseño ya es muy difícil corregir.

Las **Metas de diseño** son las especificaciones analizadas y desarrolladas que se han elegido para que sean aplicadas al diseño. Pocos autores hacen una distinción entre las especificaciones y las metas de diseño, pero es necesario debido a que una cosa es entender lo que el cliente quiere y otra lo que se va a hacer. Es claro que las metas de diseño procuran ser lo más fieles posible a las especificaciones, pero hay ocasiones en que las mismas especificaciones se contraponen y cumplir una implica desatender a otra. Para ejemplificar este punto, se tiene la eterna discusión entre el bueno o barato, no es común hacer algo muy bueno con muy poco, debido a que todo implica un recurso e incluso, un producto de muy bajo costo económico puede tener detrás de sí un elevadísimo costo de desarrollo, aunque también existen las casualidades que rompen toda esta clase de postulados. Entonces es que las metas de diseño buscan hallar el equilibrio entre lo que el cliente quiere y lo que el diseñador, el fabricante y el mismo cliente pueden, ya que sucede que el cliente aspira a un producto sumamente complejo y costoso, pero cuando lo tiene en las manos, ya no lo puede pagar. Por lo tanto, incluso también es trabajo del grupo de diseño saber cuanto puede y hasta cuanto podrá estar dispuesto a pagar el cliente.

Esta fase, al igual de la etapa de especificaciones, es desarrollada con gran amplitud en la escuela Stanford, ya que se desarrolla un prototipo que permite estudiar y re-estudiar las especificaciones hasta que las diversas iteraciones las conviertan en metas de diseño. En esta escuela no se hace manifiesta de la frase "meta de diseño" pero si busca depurar las especificaciones. Además hay otras herramientas, tales como QFD o el método Kano, que buscan identificar las metas de diseño de una manera menos física, un poco más intelectual. Ambas son herramientas excelentes, pero dependiendo del diseño, se puede identificar cual es mayor su posibilidad de éxito en la aplicación.

El **Concepto** es la etapa mas compleja del proceso de diseño, en el aspecto del binomio creatividad-conocimiento, debido a que el diseño conceptual es la materialización del diseño en una manera de hacerlo. Incluso su explicación es más compleja que su ejemplificación y hay tratados,

escuelas, tendencias y demás acerca de esta fase, que puede ser tan grande y amorfa, que es el talón de aquiles de todo este proceso pues puede aparecer en el inicio, en el medio o hacer que todo regrese a cambiarlo, y esto provoca que no pueda rigidizarse el proceso de diseño al nivel de un método científico, por ejemplo. En el caso de un foco incandescente, el concepto es iluminar un lugar con el paso de electricidad a través de un material sólido que reaccione brillando ante esta diferencia de potencial eléctrico, a diferencia de un foco fluorescente cuyo concepto de iluminación es la reacción de un gas. Ambos conceptos son muy similares, pero la diferencia de elementos resistores provoca un cambio radical en el diseño.

Para esta etapa es aplicable la metodología de Dr. Alejandro Ramírez Reivich, la que es simple en el aspecto de que la manera de resolver un problema real es haciéndolo en pequeño, y si el concepto funciona en pequeño, entonces tendrá muchas posibilidades de ser exitoso al llevarlo a la realidad.

La **Configuración** es otra etapa muy compleja en la que el concepto ha quedado definido y se le agregan los elementos que requiere este concepto de diseño para poder ser llevado a la realidad. La complejidad del diseño de configuración radica en la variabilidad de opciones que se tienen para armar un concepto, y son variables tales como proporciones de piezas hasta tipos y formas. Por ejemplo, en el concepto del motor de ciclo Otto de un automóvil, es un motor que funciona por combustión interna y con este concepto de “encender un poco de combustible con una chispa eléctrica y aprovechar la explosión para generar un movimiento rotatorio” han existido una infinidad de configuraciones de motores, y dentro de esas configuraciones, también han existido diversas configuraciones, pues bajo el mismo concepto se pueden realizar una infinidad de arreglos. Por ejemplo, en la disposición de las cámaras de combustión, se pueden colocar en línea o en “v”, esto mas el sistema de enfriamiento por agua, en dos casos, que entre por abajo y salga por la parte superior y viceversa. Su combinación provoca, 4 combinaciones posibles, entonces, agreguemos número de piezas, forma de piezas, modos de ensamblar, etcétera, la configuración se convierte en una manera infinita de darle vida a un concepto.

Es esta fase es conveniente aplicar el método de Dr. Guillermo Aguirre Esponda, en el cual se busca determinar la mejor configuración, una libre de problemas inherentes, para un concepto determinado.

El **Desarrollo de prototipo** es la fase en la que se comienzan a construir productos o piezas o equipos o cualquier cosa antes del producto final para reconocer el funcionamiento en realidad de la idea. Por ejemplo en el diseño de una lavadora, en esta etapa se generaría uno de los sistemas que se desean evaluar, tal como el sistema de centrifugado, por lo que se hace un prototipo de este sistema para obtener información y mejorar el diseño para las etapas finales.

El desarrollo de prototipos implica, a la vez, su propio proceso de diseño y dependiendo de la metodología empleada, es el tipo de prototipo que se busca y en la etapa que se genera.

La **Validación general** es la etapa en la que se evalúan los prototipos para su aceptación y continuar el diseño. Por ejemplo, en el diseño de una llanta para un auto de carreras, la validación sería determinar si el prototipo desarrollado corresponde con lo se pidió al inicio, ya que si no lo cumple, en las siguientes etapas habrá problemas. Además, lo más importante de esta etapa no es si pasa o no las pruebas, sino, si se tiene claro "qué" es lo que se va a medir y "cómo", pues de no tenerse este panorama claro, una variable mal elegida puede indicar una aceptación de una idea que no tiene futuro.

Los métodos son establecidos dependiendo de lo que se busca validar y depende del tipo de medición a realizar.

La **Ingeniería de detalle** se refiere a la conclusión de todos los datos necesarios para convertirlo en un proyecto terminado en papel, que van desde la determinación de las medidas directrices, hasta la generación de diagramas, dibujos, procedimientos y todo aquello que concierne al producto. Por ejemplo, en el diseño de un nuevo teléfono celular, todo ha sido validado, ya se tienen todos los conceptos, las formas, los prototipos y las metas de diseño; a partir de este momento es necesario convertir toda esos datos en la información necesaria para construir este modelo y en este caso será la serie de planos, los modelos para manufactura, los colores de las piezas, etcétera.

En este caso se aplica la ingeniería tradicional de determinar números a partir de números para generar las dimensiones directrices. Posteriormente se detallan todas las dimensiones, se generan planos, modelos, esquema, procedimientos y se deja todo listo como para esperar la orden de manufactura.

Una vez que se ha generado toda la ingeniería de detalle, se procede a hacer un **Programa de manufactura**, en el que se establece un calendario para la fabricación de cada una de las piezas en cuestión.

En esta etapa, la creatividad ha quedado atrás y se requiere conocimiento y experiencia para generar un programa realista para la fabricación.

La **Cotización** es determinar los recursos necesarios para fabricar el diseño. En este caso se ha colocado casi al final del diagrama, pero depende del diseño que se esté realizando y de la experiencia del diseñador, pues hay diseños que pueden cotizarse desde la etapa de planeación. En el caso del diseño de moldes de inyección de plástico, se maneja que el costo de materiales es el mismo que el necesario para el otro molde del mismo tamaño, entonces, lo que rige el costo del molde es el tamaño de las piezas a inyectar, por esto es que con el peso y las dimensiones generales de las piezas que se buscan, se puede obtener el costo de la herramienta. Esto no sucede con la cotización del desarrollo de un nuevo avión, pues determinar cual será el costo dependerá de los nuevos desarrollos generados en los siguientes procesos de diseño.

En esta etapa son de gran importancia los métodos contables, desde el manejo de los sistemas de costos hasta la cotización de cada pieza.

La **Manufactura** es el resultado del proceso de diseño: es realizar lo que se pensó. Manufacturar es construir todo lo establecido, y para esto es necesario seguir el programa de manufactura ya definido y modificarlo o mantenerlo según el desenvolvimiento de la producción. Esta es la etapa mas costosa del proceso de diseño, tal como dice una frase japonesa, dibujar en papel toma diez veces menos tiempo que hacerla en madera.

En esta etapa se aplica la ingeniería de manufactura, que va desde la administración de la producción hasta el desarrollo de una línea completa de fabricación.

La **Patente** es una etapa que se aplica cuando el diseño tiene ciertas características de originalidad que lo hacen acreedor a un proceso de registro de la idea para evitar un uso por parte de una persona ajena.

Y finalmente **La Entrega**, que es el momento en el que el cliente recibe su diseño y a partir de ese instante ya es responsabilidad del cliente. Hay veces que se entrega el diseño y se evalúa hasta obtener el visto bueno del cliente o

hay veces que el diseño ya se convierte en una producto más en el escaparate de una tienda popular. Este es el punto final, en el que puede decirse que el diseño ha sido terminado, entregado y el diseñador queda preparado para el siguiente proyecto.

A continuación se detallarán cada una de las etapas de diseño aplicadas al nucleador largo que se desarrolla en el presente trabajo.

2.3.2.-ETAPAS DE DISEÑO EXPANDIDAS PARA LA PROPUESTA DE UN NUCLEADOR LARGO

Después de comentar el proceso general de diseño que será utilizado, serán comentadas y aplicadas cada una de las etapas del diagrama 2.01 utilizando diagramas de flujo específicos y la manera en que se aplicó en la propuesta del presente trabajo.

2.3.2.1.- PLANEACIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa se define la manera de resolver el proyecto.



Diagrama 2.05 Planeación

MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Existen varias motivaciones del autor que influyen en el presente trabajo:

- Contribuir con sistemas que propicien el estudio y desarrollo de los mares mexicanos
- Apoyar participando en la búsqueda de la independencia tecnológica nacional
- Contribuir con el desarrollo de la investigación científica mexicana
- Obtener el grado de Maestro en Ingeniería del autor, lo que matiza el enfoque de manera más escolar que profesional.
- El aprendizaje de la aplicación de los conocimientos de metodologías de diseño a un proyecto real
- El apoyo a la industria petrolera nacional con un sistema que apoya la prospección de hidrocarburos

Cuando la motivación de un proyecto es bien definida, se logra tener una visión adecuada de sus límites, de su razón de ser, de su efecto, etcétera.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de tecnología es una necesidad primordial para todas las sociedades que aspiren a la independencia técnica, lo que las lleva a un bienestar que mejora las condiciones de vida de su población⁸. Este hecho es una justificación clara que aplica para todo aquel desarrollo tecnológico que apoye al crecimiento técnico de un país, debido a que no es necesario que la justificación de un desarrollo solo sea monetaria en cuanto a generación de bienestar corresponde. Las inversiones comúnmente son elevadas, pero los resultados, aunque no son inmediatos, se reflejan en el largo plazo. En este caso, el desarrollo de esta herramienta puede promover la investigación científica marina al grado que no sea obligada una visita de otro buque oceanográfico para el estudio de ciertos aspectos del fondo marino del país. Esto permite una independencia en el uso de los recursos, lo cual conlleva a un bienestar, pues no es necesaria la intervención de un tercero para resolver necesidades propias. En otras palabras, si no es necesario que venga un extranjero a realizar la investigación, se hace más barato, bajo nuestras condiciones y los beneficios que se obtengan son nuestros.

Para realizar estas tareas de autoconocimiento el ICMYL tiene como uno de sus objetivos el estudio de los mares mexicanos. La situación económica poco abundante del país ha detenido las compras de diversos sistemas, entre ellos alguno de obtención de núcleos de longitudes mayores, por lo que ha

sido necesario solicitar el apoyo de otras instituciones para la obtención de núcleos largos, tales como el B/O francés Marione Dufresne⁹.

El desarrollo de un sistema similar no ha sido llevado a cabo debido a diversos factores, entre ellos está el costo y la forma y longitud de la cubierta de trabajo de los B/O's de trabajo.

Por esto se busca desarrollar un sistema de obtención de núcleos largos, que pueda ser instalado y operado en los B/O's de la UNAM.

Otra de las justificaciones es el posible empleo del Nucleador largo en la prospección de hidrocarburos, por lo que puede ser de interés para compañías encargadas de hallar recursos dentro de la industria petrolera.

El sistema se justifica por la obtención de una mayor cantidad de información en la zona muestreada, información que de otra manera que no sea el apoyo de una institución extranjera, no se puede realizar, limitando así la capacidad de análisis de las instituciones científicas marinas y de las empresas de prospección de recursos nacionales.

PLANTEAMIENTO DEL ENFOQUE DE DISEÑO

Los recursos que se pueden destinar a la realización de esta propuesta aún son desconocidos, pues depende del impacto que cause sobre los inversionistas. Esto denota que una de las maneras de lograr un impacto positivo sobre el inversionista es que sea manifiesto que el proyecto será todo un éxito y que superará a su competencia. Lograr esta clase de retos no es sencillo, pero haciendo más de lo mismo no es sencillo obtener un financiamiento, por lo que la dirección que busca este diseño (claridad) se enfoca a buscar el máximo desempeño y confiabilidad posibles¹.

El presente trabajo es una propuesta para desarrollar una tecnología, por lo que queda fuera la validación del diseño debido a que su evaluación requiere un presupuesto generoso, sin embargo, este trabajo hace manifiestas las actividades que deben resolverse y permite establecer el camino para continuar con el proyecto más allá de un trabajo académico y finalizarlo como el desarrollo tecnológico que se busca.

Por lo tanto, el enfoque de este trabajo está en generar una propuesta de proyecto para desarrollo de un Nucleador largo, es decir, el presente trabajo es el inicio de un desarrollo tecnológico y culmina con la propuesta de un programa para generar este diseño. Esto permite una libertad en el uso de los recursos, ya que se busca el desarrollo de un diseño de alta capacidad y

que será sometido a buscar el apoyo de quien esté dispuesto a invertir en el desarrollo para obtener este beneficio.

En conclusión el costo es importante, pero lo es más la calidad de muestra. Esto nos lleva decidir como nuestro enfoque de diseño a las directrices:

- Alta confiabilidad:
 - Diseño por confiabilidad a una gran cantidad de factores propios de la variabilidad de la zona a muestrear y las condiciones de muestreo.
- Alto desempeño
 - Diseño libre de los problemas inherentes de los nucleadores convencionales.

ORDEN DE MAGNITUD

El costo y tamaño de este proyecto no pueden ser determinados de inicio, ya que no se tienen datos de desarrollos anteriores similares, y uno de los objetivos principales de este trabajo es estimar cuanto tiempo requerirá y el costo necesario para realizarlo. Un dato que puede ayudar a estimar el capital necesario, al grado de solamente dar una idea general, es la inversión que ha realizado el WHOI (Woods Hole Oceanographic Institution) en el desarrollo de su Nucleador largo de \$ 5 millones de dólares⁹. Esta suma es enorme comparada con los presupuestos normales de instituciones nacionales, pero si el proyecto es redituable y hay suficiente apoyo, pueden llevarse a cabo y recuperarse en poco tiempo. Es elevado el costo del desarrollo de la tecnología, pero es más elevada la pérdida que se genera al no desarrollarla. Por ejemplo, durante un periodo laboral del autor en el Instituto Mexicano del Petróleo, se desarrolló un proyecto de un equipo para tomar datos en plataformas petroleras abandonadas. Para no entrar en demasiados detalles, el costo de su desarrollo fue de \$ 4 millones de pesos, pero, a PEMEX una compañía le cobraba \$1 millón de pesos al mes por el alquiler del equipo. Es decir, un desarrollo que tardó casi 3 años, genera un ahorro durante una vida útil de 4 años hasta de \$ 30 millones de pesos.

En cuanto al tiempo de desarrollo, tampoco hay datos generales, pues un orden de magnitud se realiza equiparando la experiencia en proyectos anteriores¹¹, pero como dato adicional, uno de los desarrollos necesarios para construir el Nucleador largo del WHOI fue hacer unas cuerdas de elongación mínima, cuya deformación no varía en más de 10 pies en 15,000 pies de

longitud con 35,000 libras de carga. Este proceso completo tardó más de un año.

En resumen, no se puede estimar el costo del desarrollo de algo que no existe aún, pero lo que generalmente se hace es asignar un presupuesto y distribuirlo conforme avanza el proyecto además de asignar fechas. En este caso no hubo presupuesto ni hay fechas límite, es el desarrollo de una idea para convertirla en una propuesta que puede generar un interés que posteriormente se convierta en presupuesto.

DIAGRAMA DE GANTT

El diagrama de Gantt es el resumen de una planeación general y se realiza al inicio del proyecto mediante una programación de fechas de entrega y actividades a realizar. Para realizar una adecuada planeación es necesario tener un conocimiento pleno de lo que se va a hacer y algo importante que sucedió en este caso fue que, a grandes rasgos, hubo tres etapas en las que se modificó el programa.

En la primera etapa se estimaba que se construirían dos prototipos, uno a escala del que se pensaba sería el diseño final y otro de tamaño real para determinar la carga de penetración. El prototipo a escala sería para mostrar si el concepto cumplía las expectativas de funcionalidad, pero se encontró que no era necesario hacer un prototipo complejo a escala de todo el diseño, sino pequeños experimentos sencillos. Esto dio pie a notar que la carga no era lo más importante a determinar, sino la calidad de muestra. A continuación se muestra el diagrama inicial hecho en Abril del 2008, justo después de que fue solicitado el proyecto.

| ETAPA | ACTIVIDAD PRINCIPAL | MZO | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MZO | ABR | MAY | JUN | JUL | | |
|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| Proceso de diseño | estudio del cliente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | generación de especificaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | desarrollo de conceptos y configuraciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reporte | Reporte y ordenamiento de especificaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| validar perturbación de sedimento y diseño mecánico conceptual | Diseño detallado de prototipo a escala de diámetro 1" (NZ-1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Exposición de propuesta de diseño NZ-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Construcción de NZ-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Validación NZ-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Exposición de resultados y propuesta de prueba en campo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Validación en PUMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Reporte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aprobación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validar fuerza de penetración para 4" | Diseño de prototipo a escala real de 4" NZ-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cotización | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Construcción NZ-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Validación en PUMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| diseño y construcción del nucleador por flotación | Diseño de Nucleador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cotización | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Diagrama 2.06 Gantt general del proyecto de la primer etapa

La segunda etapa fue después de que se comprendió el diseño y se definió la metodología que se aplicaría. Esta etapa fue en la que más se aprendió del proyecto y se logró una visión clara para proponer su desempeño a futuro. Este plan fue realizado en Septiembre de 2008 y estimaba que con un apoyo modesto se podrían realizar tres prototipos de las especificaciones críticas y validarlos para poder establecer los elementos necesarios para comenzar a detallar el diseño y establecer la manufactura. Esta etapa terminó cuando no se lograron obtener los recursos ni el apoyo necesarios. Además, este diseño es parte de un trabajo académico y utilizar más tiempo para conseguir recursos implicaría quedar fuera de las fechas escolares pertinentes. A continuación se muestra el diagrama de la segunda etapa. En este no se incluyen las actividades de los meses anteriores a Octubre, pues son las mismas del diagrama anterior.

| ACTIVIDAD PRINCIPAL | tpo sem. | oc15 | nv15 | dc15 | en15 | fe15 | mz15 | ab15 | my15 | jn15 | jl15 | ag15 |
|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Presentación a ICMYL | | ■ | | | | | | | | | | |
| Configuración de arranque | 2 | ■ | | | | | | | | | | |
| Plan de validación | | ■ | | | | | | | | | | |
| Solicitud de recursos para validar | | | ■ | | | | | | | | | |
| Espera de recepción de recursos | | | | | | | | | | | | |
| Construcción de prototipo de maniobrabilidad | 4 | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| Evaluación en Facultad de Ingeniería | | 1 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Evaluación e iteración en B/O de P.Maniobrabilidad | 1 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Construcción de prototipo de Penetración, lavado y calidad | 2 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| validar en DF | | 1 | | | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| Evaluación en campaña de Prot de Penetración, Lavado y Calidad | 3 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Diseño detallado | | 4 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Cotización | 1 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Presentación de diseño final | | | | | | | | | | | | |
| Manufactura | 6 | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| Validación | 2 | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| Entrega | | | | | | | | | | | | |

Diagrama 2.07. Gantt general del proyecto de la segunda etapa

La tercera etapa fue cuando no se consiguieron en las fechas compatibles con el calendario escolar, los recursos necesarios para la validación y otras pruebas. En esta etapa se consumió gran parte del tiempo destinado a otras actividades, por lo que se decidió convertir este trabajo de un “proyecto de diseño y construcción” a una “propuesta de desarrollo tecnológico”, además de que con el estudio de las especificaciones y demás requerimientos del diseño, se halló que requería más trabajo del que se podría cumplir en el periodo escolar. Por lo tanto se determinó que lo mejor sería convertir este trabajo en una propuesta de cómo hacer un nucleador largo y buscar el desarrollo completo del proyecto como una propuesta de inversión que se realizará a diversos clientes.

El programa para la generación de esta propuesta quedó de la siguiente manera.

| ACTIVIDAD | MZO | ABR | MAY | JN | JL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MZO |
|---|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estudio del cliente | | | | | | | | | | | | | |
| Generación de especificaciones | | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo de conceptos y configuraciones | | | | | | | | | | | | | |
| Validación de conceptos | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño detallado | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación de propuesta | | | | | | | | | | | | | |

Diagrama 2.08 Gantt general del proyecto de desarrollo de la propuesta de un nucleador largo

PROGRAMA DE DISEÑO

A partir del Diagrama Gantt definido se establecen las fechas clave del proyecto lo desarrollado en esta sección se define el siguiente programa.

Inicio de proyecto 11 marzo 08

Solicitud de apoyo económico al cliente 13 octubre 08

Entrega de propuesta de desarrollo tecnológico 06 abril 09

El costo de generar la propuesta es absorbido por el ejercicio académico que representa este trabajo.

2.3.2.2.- ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este diseño, no es necesario un análisis tan profundo, debido a que el problema es obtener una muestra determinada en un sistema de accionamiento perfectamente definido, es decir, ocupando un buque oceanográfico de mediano a pequeño, obtener las muestras en cuestión.

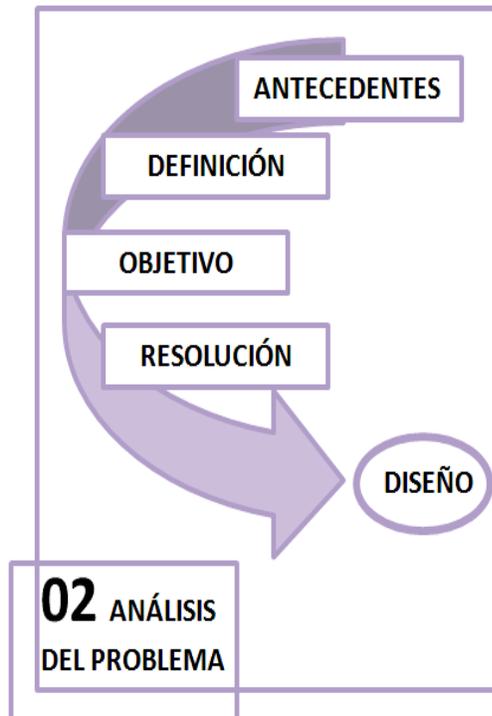


Diagrama 2.09 Análisis del problema

ANTECEDENTES

En el capítulo inicial se establecen con mayor detalle los antecedentes. A grandes rasgos, la UNAM cuenta con dos buques oceanográficos para investigaciones marinas, uno el lado del Océano Pacífico (El Puma) y el otro para el lado del Océano Atlántico (Justo Sierra). Ambos barcos están al servicio de diversas instituciones internas y algunas externas y su misión es realizar campañas con objetivos diversos.

Uno de los objetivos dentro de una campaña es la obtención de muestras de suelo marino y este trabajo surgió como respuesta a la solicitud de la Dra. María Luisa Machaín, investigadora del ICMYL, de generar una propuesta de desarrollo de un Nucleador largo con la visión de obtener núcleos más largos que permitan analizar muestras de suelo marino con mayor edad de sedimentación.

DEFINICIÓN

En el capítulo inicial se definieron los conocimientos básicos para analizar este problema. A grandes rasgos, el objetivo es obtener una porción de suelo marino desde un barco mediante un sistema de recolección, en otras palabras, obtener una muestra de suelo marino.

La calidad de muestra depende de la congruencia entre las propiedades de la porción en su estado natural antes de ser recolectada y sus propiedades justo antes de analizarla, por lo tanto, la calidad del diseño dependerá de la calidad de muestras que produzca.

La recolección de sedimentos marinos se realiza con Nucleadores, Dragas o Palas y un Nucleador consiste en un dispositivo con tubos de muestreo intercambiables y un ensamble superior de apoyo. Estos Nucleadores son llevados al fondo del mar por gravedad y controlados desde la superficie con los dispositivos de carga del buque oceanográfico².

El problema es:

“Obtener núcleos largos, es decir mayores a 6 metros, en la infraestructura normal (sin alteraciones) de un Buque Oceanográfico de eslora pequeña a mediana (40 a 70 m) manteniendo la máxima calidad de muestra posible”

Una manera de resolver este problema es adquiriendo un equipo, pero se ha estudiado anteriormente la posibilidad y el costo fue muy elevado, además de que requiere modificaciones al Buque oceanográfico, así que se explorará la idea de diseñar un Nucleador a la medida.

OBJETIVO

El problema ha sido analizado a detalle y su solución es el desarrollo de un sistema que se adapte a la infraestructura disponible y que permita obtener núcleos de mayor longitud. Debido a que no se cuenta con un presupuesto, el objetivo del presente trabajo es construir una propuesta de desarrollo de un Nucleador largo, es decir que el objetivo de este trabajo es el siguiente:

Construir una propuesta de desarrollo tecnológico de un Nucleador largo que se adapte a la infraestructura disponible, que pueda ser sometida a análisis de inversionistas para obtener apoyos económicos.

2.3.2.3.- INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

La investigación documental se manifiesta como puntos específicos en donde se puede obtener datos útiles para el diseño.

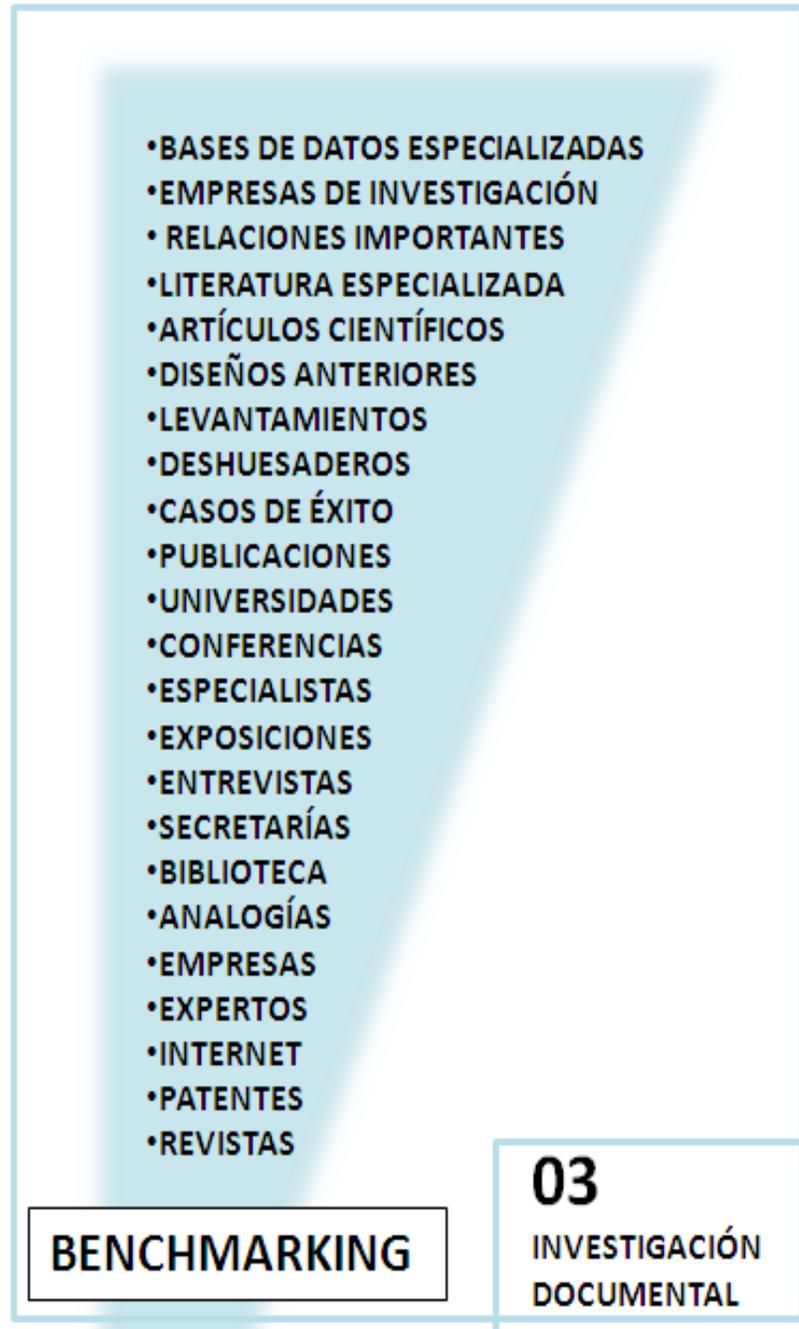


Diagrama 2.10 Investigación documental

BENCHMARKING

Esta etapa es una comparación entre algunos de los principales diseños de Nucleadores de la actualidad y sus características más importantes.

| NOMBRE | INSTITUCIÓN | BARCO | LONG. NUCLEO | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|---|--|------------------|---|
| Tepule | UNAM Universidad Nacional Autónoma de México México | El PUMA, Justo Sierra 50 m eslora GT 1800 tons. 12-13.5 nudos 36 personas | Hasta 3 metros | Nucleador por gravedad con un peso aproximado de 500 kg. |
| APC (Advanced Piston Core) | IODP-USIO Integrated Ocean Drilling Program-United States Implementing Organization Estados Unidos de América | JOIDES Resolution 141 m eslora GT 9,600 tons 10.5 nudos 125 personas | Hasta 9.5 metros | Nucleador de alta calidad (Considerando que el barco también cuenta con un nucleador de perforación). |
| CALYPSO | IPEV Institut Polaire Français Paul Emile Victor Francia | Marion Dufresne 120 m eslora GT 9,400 tons 13-15.7 nudos 110 personas | Hasta 64 metros | El nucleador de pistón que obtiene los núcleos más largos en el mundo. |
| Odim | WHOI Woods Hole Oceanographic Institution Estados Unidos de América | Knorr 85 m eslora GT 2,520 tons 11 nudos 56 personas | Hasta 45 metros | Nucleador reciente, requirió modificación de B/O para manipulación de tubos. |
| PISTON CORE | DFG Deutschen Forschungsgemeinschaft Alemania | Meteor 98 m eslora GT 4,780 tons 12 nudos 60 personas | Hasta 15 metros | Nucleador confiable. Se hallan muchos datos, pero pocas imágenes. |

Tabla 2.02.- Benchmarking resumido

Los nucleadores:



Imagen 2.01 Tepule⁷

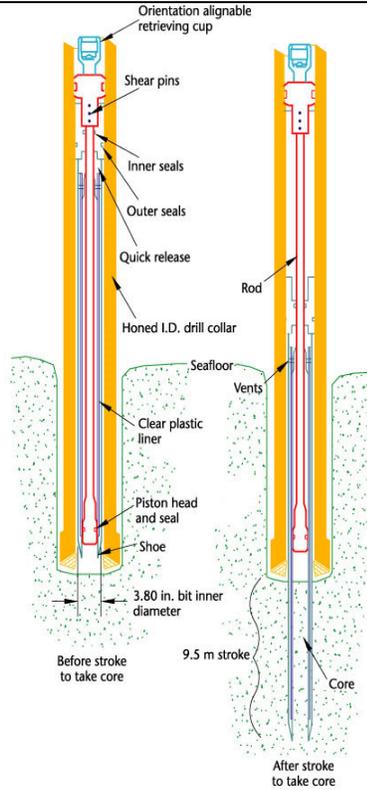
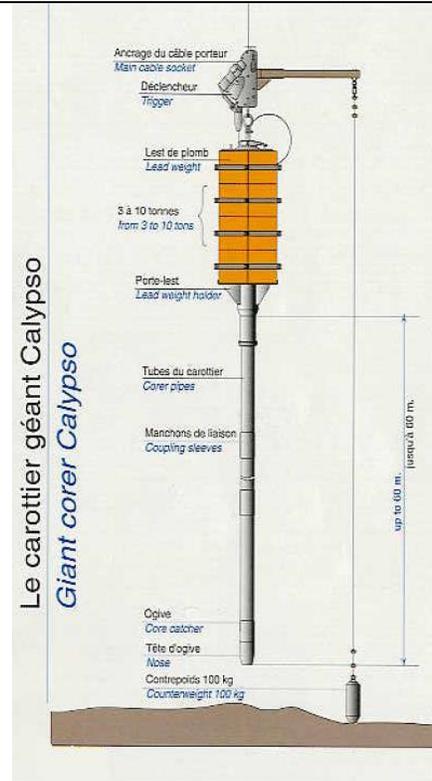


Imagen 2.02 APC⁴



Le carottier géant Calypso
Giant corer Calypso

Imagen 2.03 Calypso⁵



Imagen 2.04 Odim corer⁶

Los barcos:



Imagen 2.05 B/O El Puma





Imagen 2.06 R/V Knorr



Imagen 2.07 F.S. Meteor



Imagen 2.08 R/V Marion Dufresne

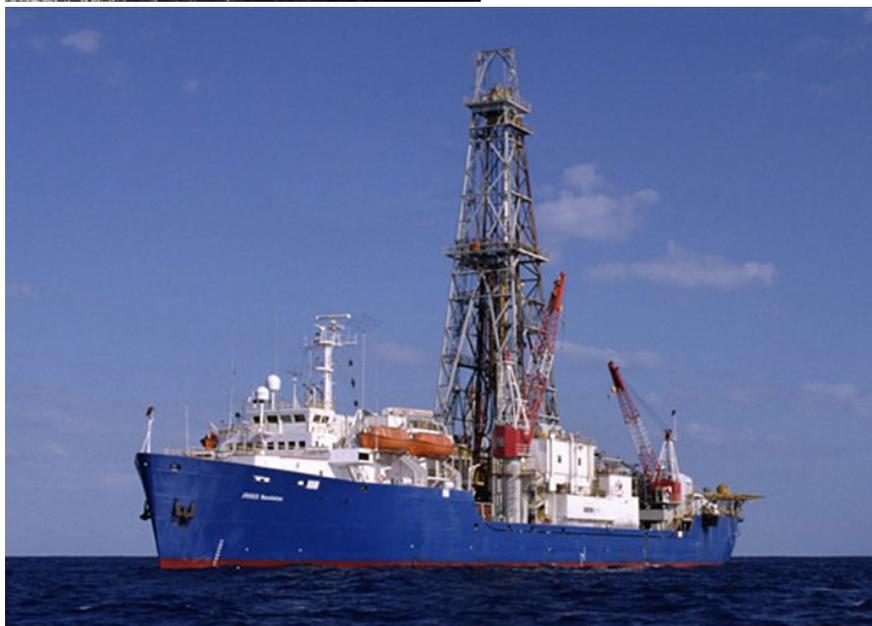
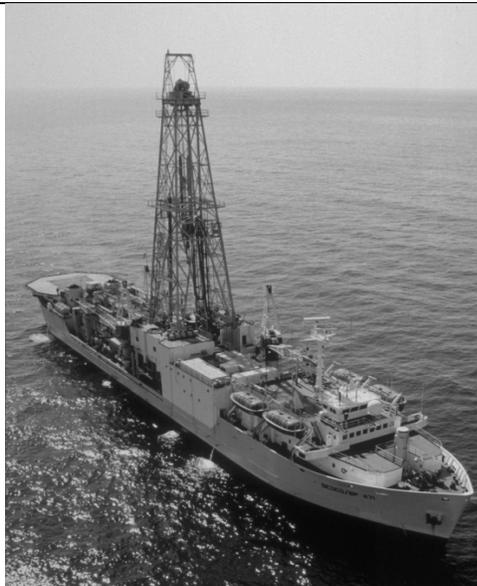


Imagen 2.09 R/V Joides Resolution

RECURSOS DISPONIBLES

Esta propuesta tuvo como recursos disponibles las instalaciones de la UNAM, el apoyo de los profesores del posgrado en diseño mecánico (mencionados al inicio).

ESPECIFICACIONES

En el siguiente diagrama se observan las fuentes de las que se obtendrán las especificaciones. La Observación, el Estudio de sombra, las Jornadas de usuario, el Entendimiento de la experiencia del usuario, el Mapeo del comportamiento, los Grupos desenfocados y la Historia de usuarios, son fases desarrolladas en la escuela Stanford. Las Normas de seguridad pertenecen a la escuela tradicional, así como las entrevistas. Los problemas inherentes a la metodología de Aguirre.

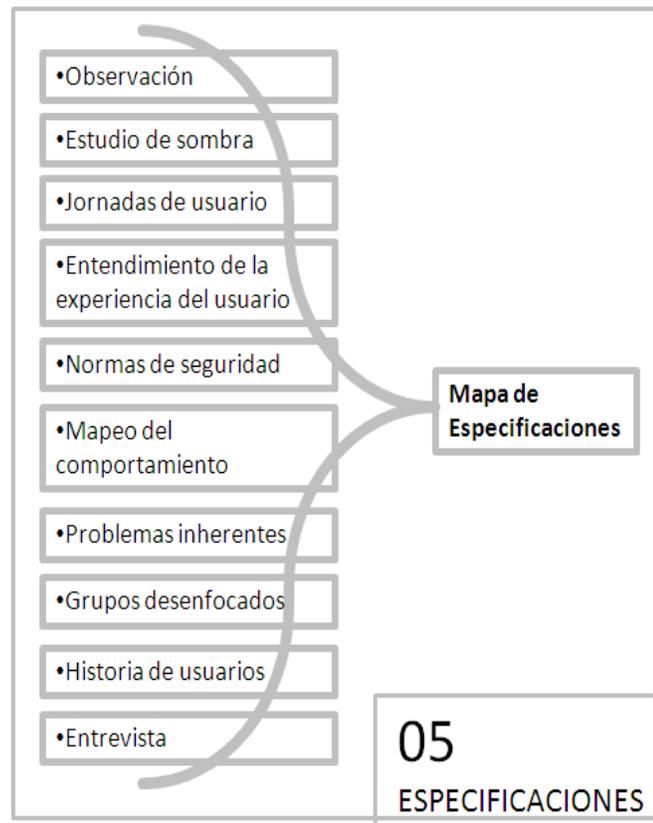


Diagrama 2.11 Especificaciones

Una vez que se tiene una visión más clara del problema, podemos empezar a generar especificaciones, definiéndose como el conjunto de datos

que darán forma al diseño. En el diagrama 2.08 se observan las fuentes de las que se obtendrán las especificaciones.

En este inciso se comenta el proceso de la obtención de las especificaciones y al final se describen las principales especificaciones y su definición.

OBSERVACIÓN

En el capítulo uno se comenta la trayectoria que siguió la generación de este proyecto, y al inicio, para definirlo mejor, se estudió el trabajo de la investigación oceanográfica del ICMYL. Entonces se realizó una estancia en el buque oceanográfico "El Puma" del 26 de Febrero al 6 de marzo de 2008. Durante la estancia se aplicó la observación desde el enfoque de la escuela Stanford, específicamente, establecido por IDEO en el que la observación implica entender la experiencia del usuario¹².

La campaña (de nombre TEHUA V) comenzó al embarcar en Acapulco Guerrero, el 26 de febrero y terminó en Mazatlán Sinaloa el día 6 de marzo. Se trabajó como apoyo en la guardia de 8 a 12 am y pm.

En la estancia de observación se estudió lo que representa una campaña de investigación oceanográfica. Se comprendió el ambiente de trabajo y los modos de operación, además de la infraestructura y algunos detalles importantes.

Esto permitió definir las siguientes etapas que se mostrarán a continuación.

ESTUDIO DE SOMBRA

Durante la campaña de investigación oceanográfica se participó como apoyo bajo las condiciones de trabajo de los usuarios, con diferente enfoque, pues para el autor no fue importante el resultado de la muestra, sino el proceso de obtenerla.

Se participó durante una semana haciendo las diferentes operaciones con especial atención a la obtención de núcleos marinos.

JORNADAS DE USUARIO

Los usuarios son investigadores que buscan determinar las características de la zona de muestreo a partir de la estratigrafía de los núcleos. El trabajo de la obtención de las muestras se lleva a cabo entre marinos y estudiantes, es decir, entre personal totalmente calificado para operaciones marinas, que

trabaja para el buque oceanográfico y personal con diversos grados de entrenamiento que estudia un posgrado en algún área de investigación marítima.

La tripulación de base de los B/O's es personal calificado y de gran experiencia.

Las jornadas son guardias de 4 por 8 horas por día.

Los núcleos tienen prácticamente 5 etapas

- Obtención
- Acondicionamiento
- Transporte
- Análisis
- Almacenamiento para referencia futura

ENTENDIMIENTO DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO

Después de trabajar una semana realizando las actividades de los usuarios, se ha logrado un entendimiento adecuado como para empezar a proyectar el desarrollo de una nueva tecnología. Esta experiencia es sumamente importante, porque para poder conocer a fondo el comportamiento de un diseño y su entorno, es necesario estar rodeado de las circunstancias reales que se viven durante su trabajo.

NORMAS DE SEGURIDAD

Existe una gran cantidad de consideraciones que hacer para trabajar en el mar, tales como el uso de casco, chalecos salva vidas, etcétera, pero estas se definen según la actividad a realizar, por lo que se generan las especificaciones a partir de los riesgos que se corren en cada caso y se agregan como una directriz a cumplir en cada situación.

MAPEO DEL COMPORTAMIENTO

Al participar como apoyo, se estudió el proceso de muestreo con nucleador de gravedad, mejor conocido como "Tepule" y se describe a continuación:

1. Se define la ubicación de la estación (previo a la campaña)
2. El barco navega hasta llegar a la estación (una zona de muestreo)
3. Llegando a la zona, el barco se desplaza lentamente hasta hallar la profundidad adecuada para el estudio. (de 5 hasta 120 minutos, dependiendo del suelo marino)

4. Se prepara el equipo
 - a. Se arrastra la base desde la izquierda hasta quedar debajo de las poleas wrench de trabajo. Se emplea un wrench oceanográfico ubicado a estribor, y que se levantan las cargas con un juego de poleas.



Imagen 2.10 zona de maniobras del Tepule



Imagen2.11 Tepule y su base durante una operación



Imagen 2.12 Wrench oceanográfico

- b. Se toma con un gancho la cabeza del Tepule, y otro en un cable para enderezarlo
- c. Se quita la cadena de la cubierta de trabajo en popa
- d. Se alejan un poco
- e. Se levanta la cuerda principal
- f. Se coloca a nivel medio
- g. Se retira el gancho para enderezar
- h. Se deja bajar a alta velocidad, cuando se acerca, se descende la velocidad hasta que se siente que penetra en el suelo marino
- i. Comienza a ser jalado y después de un tirón, se levanta y comienza a subir.
- j. Lleg a superficie y se ve si está "lavado" es decir, vacío, y se envía de nuevo, si no, se continua
- k. Se levanta hasta nivel de la cubierta
- l. Se amarra del tubo de la popa
- m. Se quita los tornillos de la cabeza
- n. Se golpea un poco
- o. Se jala la el cuerpo hacia arriba para dejar el tubo con la muestra libre
- p. Se levanta el tubo y se coloca un tapón para evitar que se lave
- q. Se arrastra en posición vertical hasta el nivel
- r. Se amarra en vertical y se deja secando
- s. Se mide cuanto lodo se obtuvo se corta lo que sobre del tubo

5. Se sostiene la cabeza con cuerdas laterales y se dirige con la grúa y jalando, hasta colocarlo sobre la base
6. Se realizan las siguientes operaciones
7. Se cierra la cadena de la popa
8. Se continúa navegando hasta la siguiente estación y se acondiciona el núcleo
 - a. se agrega un sello de espuma en la parte superior y en la inferior se sella con cinta de ducto.
 - b. Se mete al refrigerador y se mantiene a una temperatura de 10 grados o menos
9. Se cortan los núcleos a la mitad con la sierra y se marcan.
10. Se cargan los núcleos en los transportes
11. Se envían para análisis en el camión institucional
12. Se les hacen diversas pruebas

PROBLEMAS INHERENTES

Los problemas inherentes son una de las piedras angulares de la metodología de diseño del Dr. Guillermo Aguirre. Estos problemas son los impedimentos que evitan que el sistema obtenga mejores resultados y son propios de un modelo o de varios modelos del sistema que se está analizando. El concepto de Nucleación por gravedad tiene diversos problemas inherentes comentados por los usuarios, que sumados a los que tiene el Tepule (y que se notaron durante la estancia en el buque), se contemplan en los siguientes puntos:

- El sistema es muy corto y en ocasiones no es suficiente la longitud, además que entre más largo sea, permite estudiar el comportamiento de la zona durante más años hacia el pasado, es decir, a mayor profundidad de penetración y mayor longitud de núcleo, es mayor la posibilidad de estudiar los sucesos que acontecieron en ciclos de sedimentación en lapsos de tiempo más prolongados.
- La retención de la muestra por parte del Nucleador no siempre es eficaz y hay ocasiones en las que al salir de la línea de mar, el sedimento entrampado en el Tepule, se ha escurrido, es decir, se "lavó", como se conoce comúnmente.
- No es garantía que penetre de manera paralela al campo gravitatorio de la tierra, es decir, no se garantiza su perpendicularidad al nivel de la tierra en esa zona

- Si llega a caer en una zona rocosa se destruye la nariz y tiende al pandeo el cuerpo del Nucleador
- Hay ocasiones en las que se obtiene solamente con el 20 % de muestra de su longitud

GRUPOS DESENFOCADOS

Este punto implica el estudio de conceptos similares que se hallan en otros entornos y que pueden ser útiles para generar nuevos conceptos aplicables. En este caso se estudiaron:

- Los equipos de perforación para pozos petroleros
 - Debido a que se trata de tubos esbeltos que se someten a penetraciones en suelos, ya sean marinos o terrestres.

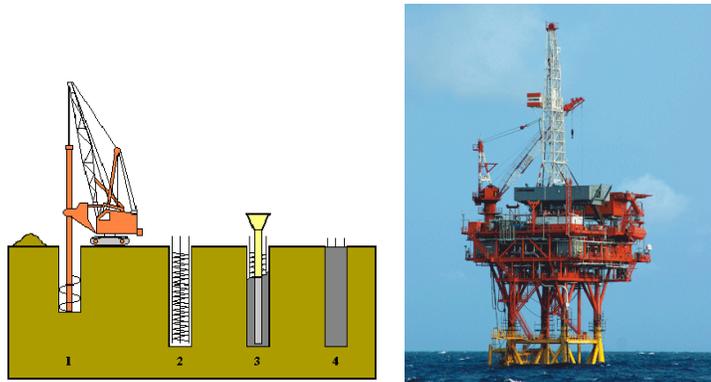


Imagen 2.13 Equipos de perforación de suelo para la industria petrolera

- Las principales conclusiones fueron con respecto al manejo de tubos largos.
- Los sistemas de excavación
 - Un sistema para obtener tierra del fondo se compone de un motor, una conexión y una pala con el tamaño suficiente.
 - El sistema debe tener un peso suficiente para evitar que la fuerza de penetración sea mayor y lo levante.



Imagen 2.14 Equipos de excavación de la industria pesada

- Herramientas de operaciones en pozos petroleros
 - Es útil estudiar cómo se distribuyen una gran cantidad de funciones en equipos muy esbeltos, tales como sondas, inyectoros y demás herramientas especiales de pozos petroleros.

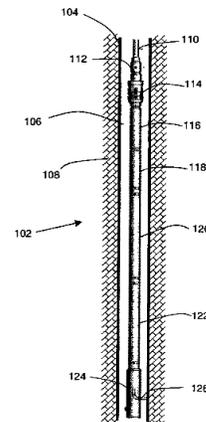


Imagen 2.15 Instalaciones de mantenimiento de una herramienta para pozo/descripción de la herramienta

HISTORIAS DE USUARIOS

Se preguntaron a diversos usuarios sus historias que sucedieron con el Nucleador y éstas fueron las más importantes:

Dr. Ingvar Emilson: El concepto del Nucleador de pistón "Kulleberg" lo desarrolló este señor sueco, y a mí me tocó conocerlo y el truco es muy sencillo, sólo se trata de mantener el vacío como en un popote, bien sellado, y esto evitará que se escape el sedimento.

M. en C. Bárbara Rodríguez: en todas las campañas que me ha tocado usar el Tepule, al menos en una ocasión no ha retenido los sedimentos.

Dra. María Luisa Machaín: ... Cuando estuve en el B/O Marion Dufresne, me tocó ver cuando lanzaron el Calypso (Nucleador hasta de 64 metros) y cayó sobre roca, al grado que el impacto se sintió en la superficie y el Nucleador salió un poco deformado.

ENTREVISTAS

Para determinar una mayor cantidad de especificaciones y datos del sistema, mucha gente fue entrevistada, entre investigadores directos, alumnos y profesores diversos (13: 6 alumnos del ICMYL, 5 marinos del B/O El Puma y 2 investigadores del ICMYL).

EL CONJUNTO DE ESPECIFICACIONES

A partir de los puntos comentados en los párrafos anteriores, se desarrollaron sobre la marcha una gran cantidad de esquemas, ideas, reflexiones, bocetos y demás, para aclarar el panorama. Se llevó como registro una libreta profesional de 100 hojas en la que se anotó toda la información correspondiente, la que se anexa en formato digital.

Para obtener las especificaciones se revisó la libreta después de un periodo largo de anotaciones y observaciones. A continuación se muestra un ejemplo del tipo de notas, en el lado izquierdo se analiza el comportamiento físico de la muestra en el Nucleador y en el derecho las notas de una clase de diseño en las que se establecía el qué, el cómo y el por qué para identificar las especificaciones.

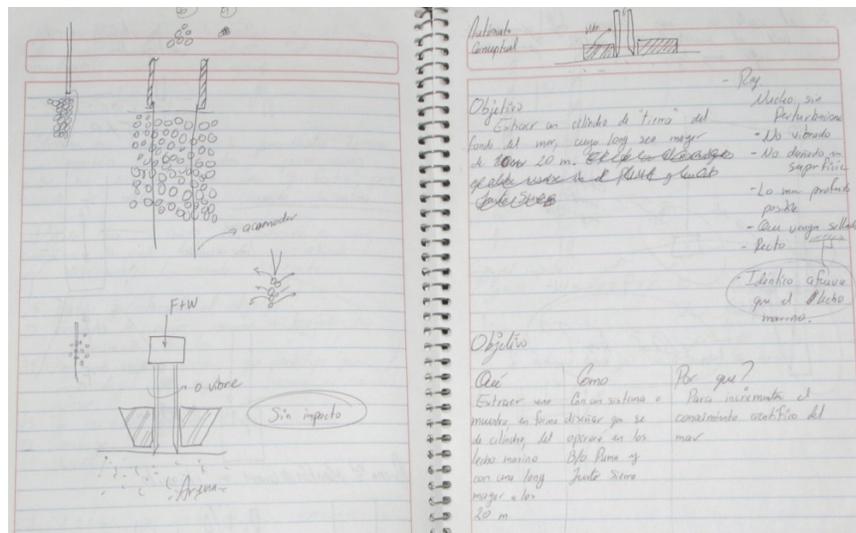


Imagen 2.16 Ejemplo de bocetos y notas realizadas en la libreta de registro

Después de este periodo de exploración del problema, se revisó la bitácora y se obtuvieron las principales especificaciones, redactándolas en una

cartulina para generar un mapa mental de las ideas recolectadas en esta etapa. Se muestra un ejemplo a continuación, pero para mayores detalles, el autor puede proporcionar estos anexos con una petición a su correo.

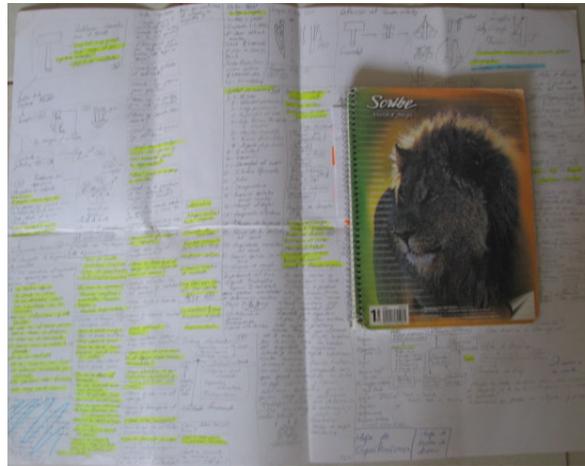


Imagen 2.17 Mapa mental de las especificaciones generadas

Después de estudiar el resumen de la bitácora de la exploración del diseño, se procedió a enlistar las especificaciones de manera clara y corta para permitir su operación y se muestran a continuación.

| NUM | DIRECTRIZ O META | ESPECIFICACIONES |
|-----|------------------|---|
| 1 | M | ACOMODAR TUBOS AL EMBARCAR (área de 2m por 6m con altura de 1.5m en popa a babor, junto a la grúa de redes, hay anclajes y posibilidad de atornillar. Cuidado con el barandal porque al estar tan cerca, con vientos de más de 40 kmh, pueden irse por la borda) |
| 2 | M | ACOMODAR TUBOS QUE SOBRAN (misma área de M1, pero un espacio especial para residuos de tubos de pvc que pueden ser reocupados. Se recomienda una reja larga (3 m) con cubierta, y que la parte superior sea para los tubos completos (tramos de 6m en pvc x 4.5 pulg) |
| 3 | M | PROCESAR CON TUBOS QUE SOBRAN (tubo de desperdicio que puede ser reprocesado si mide mas de 1 m) |
| 4 | M | DEFINIR QUE HERRAMIENTAS DE TRABAJO SE REQUIEREN POR ETAPA (Debe ser herramienta comercial, de fácil uso, debe poderla usar una mujer de 1.50 m de alto, es decir, peso menor a 15 kg y torque máx. de 20 Nm) |
| 5 | M | DEFINIR EFECTOS EXTREMOS (Condiciones extremas: vientos mayores a 40 kmh, temperaturas mínimas de -10°C y máximas de 50°C, tormentas tropicales y considerar la posibilidad de huracanes) |
| 6 | M | IDENTIFICAR CAUSAS DE EFECTOS EXTREMOS (Estudio de resultantes de efectos extremos) |
| 7 | M | NO EXTRAVIAR MATERIALES Y EQUIPOS PERTENECIENTES AL SISTEMA (identificación clara de herramental, área de colocación con espacio por herramienta, hojas de partes para embarcar y trabajo, listado de faltantes, etc.) |
| 8 | M | DETERMINAR RANGOS CLIMÁTICOS DE OPERACIÓN (por definir bajo validación) |
| 9 | M | REVISAR ANTES DE LANZAR EQUIPO (Procedimiento de "estado correcto" previo al lanzamiento) |

| | | |
|-----|------------------|---|
| 10 | M | RESOLVER UNA FALLA DE LA CUERDA PARA EVITAR LA PÉRDIDA (Sistema de seguridad para que al romperse la cuerda de maniobra del dispositivo, siga conectado a la cuerda de maniobra del B/O) |
| 11 | M | SUBMUESTREAR (Obtención de una porción lateral mínima de 500 g con long de 50 cm que dañe lo menos posible al resto del núcleo) |
| NUM | DIRECTRIZ O META | ESPECIFICACIONES |
| 12 | M | IDENTIFICAR TODA LA INFORMACIÓN PERTINENTE POR NÚCLEO (Definir por usuario para establecer en una hoja de núcleo) |
| 13 | M | IDENTIFICAR UN ÁREA DE ALMACENAJE (El área de almacenaje es para colocar el dispositivo, debe estar a estribor en popa a menos de 4 m radiales de la cadena de popa) |
| 14 | M | ALMACENAR (El área de almacenaje en B/O es igual que M1, pero en tierra debe ser un área similar en bodega, incluyendo carretes para evitar el maltrato de las cuerdas por enredo) |
| 15 | M | DEFINIR DIMENSIONES MENORES AL MÁXIMO TRANSPORTABLE, TANTO EN B/O COMO EN CAMIONES DE LA UNAM (Máximo transporte del camión UNAM es 4 m en diagonal y peso de 1,500 kg en rutas Méx-Costa, otra medida requiere transporte alquilado. En B/O se tienen las áreas definidas para almacenaje, por lo que no pueden pasar la piezas máximas de 6 m., y el peso máximo es 2 tons) |
| 16 | M | IDENTIFICAR ESTADO DE PIEZAS-SUMINISTRO (Un lista de que partes del diseño son de consumo, cuales comerciales y cuales de manufactura especial) |
| 17 | M | PODER USARLO "CUALQUIER" PERSONA (Perfil mínimo: estudiante de licenciatura, mujer, 1.50, 45 kg, poca experiencia en operaciones marítimas. Perfil máximo: marino especializado de apoyo diverso, 1.90, 120 kg, amplia experiencia en operaciones marítimas. Las actividades pueden separarse, pero hay ocasiones en las que los marinos tienen que desarrollar otras tareas mientras los estudiantes muestrean, por lo que no puede ser muy complejo su operación) |
| 18 | M | NO ESTORBAR A LOS DEMAS EQUIPOS (Debe ser compactado a un área de 2mx6m y altura máxima de 1.5m para evitar atranques con cuerdas de otros equipos, no ganchos sueltos, ni tubos salidos, de preferencia enrejado sencillo de abrir y cerrar) |
| 19 | M | EVITAR PÉRDIDA TOTAL EN ALTA MAR (Posibilidad de recuperación entre 10 y 700 m, más profundo es arriesgado) |
| 20 | M | EL ARRASTRAR DEL BARCO SOBRE EL NUCLEADOR NO PROVOQUE UN DAÑO SEVERO (Deriva del barco: esta provoca una flexión sobre el nucleador) |
| 21 | M | APARIENCIA CONFIABLE (Por definir) |
| 22 | M | SEGURO PARA EL PERSONAL QUE LO OCUPE (Por definir) |
| 23 | M | PLANO DE RECURSOS DEL B/O (Diagrama con herramientas que ofrece el B/O para casos especiales) |
| 24 | M | MÁRGENES DE TRABAJO DENTRO DE LOS RANGOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE CARGA DE LOS B/O's (Carga máxima del wrench oceanográfico de 2,000 kg, del wrench de arrastre 7,000 kg pero debe usarse lo menos posible) |
| 25 | M | NO DESAJUSTES ENTRE LANZAMIENTO Y ATERRIZAJE (Efectividad del 95%) |
| 26 | M | MEDIR EL PESO PARA DETERMINAR LA MASA IDEAL PARA PENETRAR (Determinar) |
| 27 | M | DETERMINACIÓN DE TIPOS DE SUELO A PENETRAR (Suelo limoso-arcilloso, no penetración en roca) |
| 28 | M | DAÑO NULO AL IMPACTAR AL SUELO MARINO (Puede ser rocoso o suave, pero ninguna parte debe soltarse después de un impacto) |
| 29 | M | PENETRAR CON CARGA CONTINUA Y CONSTANTE (Determinar la velocidad ideal de penetración entre los 0.5 y 5 m/s) |

| | | |
|-----|------------------|---|
| 30 | M | CONTROLAR O ELIMINAR EL MOMENTO DE FLEXIÓN EN LAS GUÍAS DE PENETRACIÓN (Deflexión en cantiliever máxima de 10 cm provocada por el desplazamiento de deriva) |
| 31 | M | SOPORTAR CARGAS MÁXIMAS DE PANDEO (Carga de pandeo máxima de 2,000 kg y longitud de columna variable por penetración, situación de pandeo también variable) |
| 32 | M | MANTENER POSICIÓN VERTICAL (Máxima desorientación de penetración durante la carga del wrench de 10°) |
| 33 | M | RESISTENCIA SATISFACTORIA DEL EQUIPO (500 lanzamientos) |
| 34 | M | PLANEAR POSIBLES FALLAS Y ACCIONES (Plan de falla de componentes de mayor desgaste y reparación posible) |
| 35 | M | RETENCIÓN (Pérdida de materia de muestreo del 5% máximo por peso y desplazamiento dentro del nucleador) |
| 36 | M | DAÑO NULO AL GOLPEAR CON EL B/O (Golpeteo en oscilación a un radio de 4-5 m contra el casco del B/O) |
| NUM | DIRECTRIZ O META | ESPECIFICACIONES |
| 37 | M | VOLUMEN DE MUESTRA SUFICIENTE (Diámetro de 4.5 pulg interior, y longitud, máxima posible, mínimo 6 metros) |
| 38 | M | EVALUAR PARA REMUESTREAR (Obtener submuestras y definir una hoja de requisitos para establecer la aceptación de la muestra) |
| 39 | M | TOLERAR EFECTOS DEL OLEAJE (Variación de altura por olas del B/O de 2 m promedio, bajo condiciones normales de clima) |
| 40 | M | TOLERAR EFECTOS DE LA TORSIÓN (Evitar el enredo por generación de rizos cuando se pierde la tensión en las cuerdas) |
| 41 | M | ESPECIFICAR COMO SE PUEDEN ACONDICIONAR LOS NÚCLEOS (Procedimiento acondicionamiento) |
| 43 | M | DETERMINAR COMO PREVENIR EFECTOS EXTREMOS (A partir de las condiciones climáticas extrema, definir: profundidades de trabajo, tiempo máximo disponible para muestreo) |
| 44 | M | NO ALTERAR ESTABILIDAD DEL B/O (Máxima carga de trabajo 10 tons, requiere fusibles mecánicos para evitar hundimiento más allá de la línea máxima de flotación) |
| 45 | M | DEFINIR CUAL ES LA CALIDAD DE MUESTRA (Definir con usuario) |
| 46 | D | PROCESO SEGURO DE OPERACIÓN EN MAL TIEMPO |
| 47 | D | COSTO MÍNIMO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA (Depende del costo que requiere el diseño para su construcción como mínimo. La meta es 220,000 pesos) |
| 48 | D | PIEZAS-SUMINISTRO COMERCIALES |
| 49 | D | MÍNIMO PERSONAL (4 operadores) |
| 50 | D | MÍNIMA CAPACITACIÓN (4 a 5 días serán suficientes) |
| 51 | D | ENREDO MÍNIMO DE CABLES (Carrete para enrollar los 100 m de cuerda de operación) |
| 52 | D | UTILIZAR EL MENOR TIEMPO POSIBLE EN TODAS LAS ÁREAS NECESARIAS (GUARDAR, MUESTREAR, ETC.) (máximo 30 minutos para acomodo, 10 minutos para preparación de lanzamiento y 30 minutos para preparación de muestra) |
| 53 | D | OSCILACIÓN DURANTE PREPARACIÓN PARA MUESTREAR MÍNIMA (MOV. DE MUESTRAS EN B/O) (No girar de posición el núcleo hasta después de eliminar el 70% de agua de la muestra) |
| 54 | D | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO EN CASO DE EMERGENCIA (Colocar fusible mecánico entre nucleador y cuerda de trabajo del barco) |
| 55 | D | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO DURANTE OPERACIÓN NORMAL (Evitar radios menores a 4 pulg en poleas e intercambiadores de dirección) |
| 56 | D | ATAQUE VERTICAL (Penetración vertical de +/- 5° con respecto al vector del campo gravitacional de la tierra) |

| | | |
|----|---|---|
| 57 | D | ALINEACIÓN MÁXIMA POSIBLE (Las poleas y los intercambiadores de dirección de cuerdas, deben ser auto alineantes para evitar sobretensiones) |
| 58 | D | COSTO MÍNIMO DE OPERACIÓN (Costo recomendado por usuario para operación por lanzamiento de 1,000 a 1,500 pesos en piezas suministro) |
| 59 | D | DAÑO NULO DURANTE EL ARMADO (Evitar los elementos elásticos para diversas funciones) |
| 60 | D | MANIOBRABILIDAD SIMPLE DE LINEA DE MAR A CUBIERTA Y VICEVERSA (Debe poder hacerlo un equipo de 2 a 3 personas de habilidad baja) |
| 61 | D | SENCILLO DE ABORDAR AL BARCO Y DESCENDER (El equipo debe ser "lineal" con un diámetro máximo de 2 metros) |

Tabla 2.03 Lista de resumen de especificaciones

En resumen, esto es lo que se necesita cumplir para que el proyecto sea adecuado a los requerimientos de su aplicación y a las necesidades del usuario, ya que estas especificaciones han sido el resultado de un análisis profundo del problema.

2.3.2.4.- METAS DE DISEÑO

Las especificaciones se pueden ordenar, analizar, redefinir y demás, con tal de seleccionar el orden para tomarlas en cuenta, su importancia y sobretodo, definir cuáles serán las especificaciones que dirigirán el diseño y de qué modo.

Con el Método Kano se busca definir cuáles de las especificaciones son obligatorias y cuales lineales o deseables. Con la caja negra y el análisis funcional, se estudia función por función hasta determinar "que es lo que eso tiene que hacer" para que finalmente, se combinen con la idea de QFD. Hablar de la idea de QFD implica utilizar el concepto de convertir especificaciones ambiguas en metas definidas y mensurables. La herramienta QFD tiene sus propias reglas de aplicación e implica una gran cantidad de factores a tomar en cuenta (así como Kano y otras que se presenta en este trabajo) pero realizarlas exactamente como se establece, obliga a redundar en algunos aspectos si se desea aplicar ambas, entonces, para maximizar las ventajas que ofrece cada una, en este trabajo sólo se aplica el concepto que las originó y mantiene como herramientas de vanguardia. La contradicción está, como ejemplo, entre Kano y QFD en el punto de la ordenación de los requerimientos, mientras Kano emplea un criterio definido para separar en tres las especificaciones, QFD enfrenta cada especificación contra otra para determinar cuál es más importante y establecerlo en la llamada "casa de la calidad". Esto se contradice metodológicamente, pues una especificación ordenada desde el punto de vista de Kano, puede ser de primer o segundo orden, mientras que con QFD puede ser intermedia pero compensarse con otra especificación que apoye.

Es decir, es preferible manejar una sola metodología para evitar ambigüedades en todo el diseño, o emplear lo mínimo indispensable del concepto, al grado que no se contraponga con los demás pasos ni deje en descubierto sus objetivos.

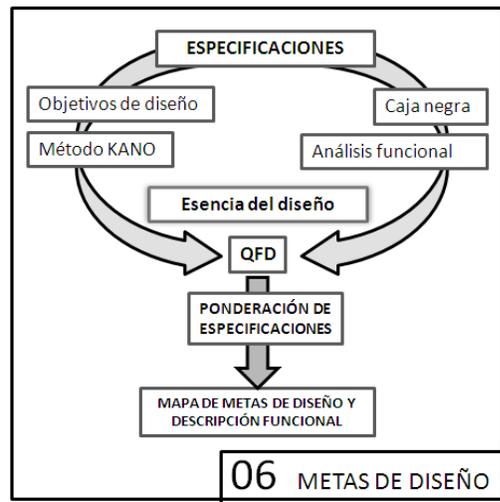


Diagrama 2.12 Metas de diseño

En esta etapa se analizan las especificaciones y se identifica cuales serán mas importantes que otras y se genera una lista con las mismas especificaciones pero ordenadas en importancia que permite aplicarlas de con mayor efectividad y consideración al diseño.

En base al diagrama 2.09 se desarrolla esta etapa.

MÉTODO KANO

El método Kano es una herramienta de identificación y clasificación de especificaciones de diseño con el objetivo de identificar cuáles son las que su ausencia provoca una descalificación total del diseño (Obligatorias), las que a mayor desempeño es mayor la apreciación del cliente (Lineales) y las que no es necesario agregarlas para cumplir las funciones principales pero marcan la diferencia pues sorprenden al cliente (Deseables). La aplicación completa de esta metodología implica la distribución y recolección de encuestas para conocer las opiniones del cliente sin desviar con los criterios del diseñador, pero en este trabajo no se realizaron las encuestas de esta manera porque se empleo la metodología de Stanford para definir y refinar las especificaciones. Entonces la parte del método Kano que se empleó fue la segregación de especificaciones, ya que esta discriminación permite un ordenamiento claro y los criterios para identificar a que segmento pertenecen fueron definidos por el

diseñador en función de los comentarios obtenidos por las personas que serán impactadas por este proyecto.

En el inciso 3.5.3 se definió el objetivo principal de este proyecto. Este es otra de las guías principales que indican qué estrategias deben tomarse en cuenta para este desarrollo además de las expresadas por los clientes y la esencia del diseño establecido anteriormente. Estas son las indicaciones que se toman en cuenta para definir los parámetros que requiere la aplicación parcial de la metodología de Kano.

Aplicando esta metodología se obtiene la siguiente tabla.

| DESEABLES |
|--|
| Donde se guarda |
| A veces se congela |
| Que herramientas se necesitan |
| Submuestreo |
| Que pasa si se rompe la cuerda |
| Evitar que se olviden piezas |
| Como identifico cada núcleo, estación, orientación |
| No se pueden perder piezas |
| Donde acomodar los tubos |
| Uniones francas |
| La oscilación vertical del sistema puede dañar |
| Como mido el desgaste |
| No se usa en mal tiempo |
| Ascenso lento |
| No se puede enviar mal armado |
| Condiciones climáticas |
| LINEALES |
| Quienes lo operan, marinos experimentados o estudiantes |
| Como se levanta el equipo de la linea de mar a la cubierta |
| Oscilación de la masa |
| Dimensiones máximas en el barco mas otros equipos |
| Manipulación |
| Costo bajo |
| No se pierda en altamar |
| Rápido |
| Calidad de muestra |
| Quienes lo operan |
| Qué se hace para acondicionar los núcleos |
| Fácil de usar |
| Fácil de obtener refacciones |
| Longitud de penetración |
| Arrastre del nucleador |
| LINEALES |
| Buena alineación |
| Longitud grande |
| Que no se enreden los cables |

| |
|---|
| Ataque vertical |
| Que no se mueva demasiado |
| Cuanto personal requiero |
| No dañar cuerda del barco |
| Dimensión de transporte |
| OBLIGATORIOS |
| Medición del peso |
| Como evitar emergencias |
| Que no se dañe al llegar al fondo |
| Resultados adecuados |
| Capacidad de los wrenches |
| Como paso de una muestra en el equipo a una muestra |
| Que no se dañe al armarlo |
| Se requiere carga constante y continua |
| Pandeo de tubos |
| Que no se desajuste mientras llega al fondo |
| Que pasa si cae en zona rocosa |
| Que no dañe la estabilidad del barco |
| Sale muy caro usarlo |
| Que no dañe las gruas |
| Tipo de suelo que puede penetrar |
| Que no se lave |
| No parece funcionar |
| Cual es la configuración del barco |
| Que no se dañe al golpear con el barco |
| Que se mantenga en posición horizontal |
| Al golpear roca no hay daño |
| Momento de flexión en las guías |
| Que no se dañe al armar |
| No alcanza la muestra obtenida |
| No se ve confiable |
| No se lastime alguien |
| Resistencia de las cuerdas |
| Resistencia del pvc |

Tabla 2.04 Especificaciones ordenadas por método kano

LA CAJA NEGRA

Una de las herramientas que nos permite desglosar un sistema complejo en sus funciones integrantes, es el método de "la caja negra" que utiliza entradas a un sistema desconocido (la caja negra) y sus salidas para ayudar a definir lo que debería haber en el sistema.

A continuación se muestran los diagramas de generación de soluciones de las entradas y las salidas hasta definir que etapas deben incluirse en el diseño.



Diagrama 2.13 Entradas y salidas generales del sistema

Con este análisis se busca como dividir el sistema en etapas o áreas para poderlo fragmentar en partes y facilitar su solución. Esto nos lleva al siguiente diagrama que muestra que es lo único que debe desencadenar un muestreo en el inicio y que es lo único que se obtiene al final, además de tomar en cuenta lo que implica cada una de estas resultantes.

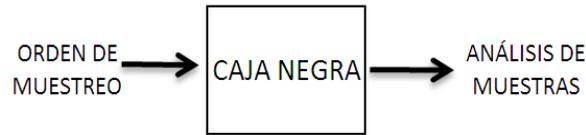


Diagrama 2.14 Entrada y salida general necesaria

Al desglosar esta caja se obtiene el siguiente diagrama



Diagrama 2.15 Etapas del proceso de muestrear

Estas son las etapas básicas que deben tomarse en cuenta para el desarrollo del sistema. A continuación se describen los puntos relevantes de cada etapa.

- Orden de muestreo
 - Conocimiento del estado del equipo
 - Refacciones necesarias
 - Estado general del equipo
 - Costo de suministros para campaña
- Organización de la campaña
 - Ubicación del equipo y destino al que se entregará
 - Procura de suministros
 - Corrección de estado de operación
 - Transporte a destino
 - Entrega a campaña del equipo
- Campaña
 - Obtención de núcleos
- Entrega
 - Reporte del estado de operación
 - Transporte del sistema al almacén
 - Transporte de núcleos al laboratorio
- Análisis
 - Reporte de muestras

- o Trabajo con núcleos

Definir estas etapas del proceso de obtención de núcleos, nos permite dividir el diseño y comprender sus límites para definir hasta que punto impacta el diseño y en que grado, es decir, un núcleo de buena calidad permitirá reportar análisis de buena calidad, pero la pericia del investigador para concluir los resultados, es independiente del diseño. Para esto, el investigador debe definir los problemas a los que generalmente se enfrenta para que sean evitados.

Este hecho parece muy claro una vez que se ha extendido de esta forma, pero hay ocasiones en las que es muy confuso. Por ejemplo, el diseño del cinturón de seguridad implica convencer al usuario de utilizarlo, pero si el usuario no lo desea usar, un accidente revelará que el mal uso de los elementos del automóvil, tiene consecuencias fatales. Por lo tanto, para favorecer el uso del auto, se han agregado sistemas que molestan al conductor hasta que se coloque el cinturón. Sistemas tales como luces, sonidos y demás. Al definir la frontera como que una falta de deseos del conductor es parte del diseño, permite agregar una especificación que busca obligar al conductor a usarlo.

En este caso se definen las fronteras del impacto del diseño con el siguiente diagrama.

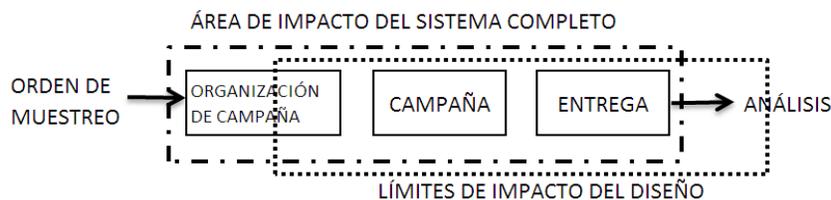


Diagrama 2.16 Fronteras del sistema y del diseño

Entonces, los límites del impacto del diseño van desde la Organización de la campaña, pues un sistema muy complejo de piezas no comerciales y demás “detalles” provocaría una logística compleja, hasta el Análisis de las muestras, pues según la calidad de las muestras será la representatividad de la zona y los datos resultantes. Es decir, que la calidad del diseño se refleja en estas etapas, ya que si el diseño es "perfecto" los resultados serán totalmente dependientes de la pericia del investigador.

La etapa de la Campaña es la más compleja e implica una gran cantidad de operaciones, por lo que será desarrollada en el apartado siguiente.

ANÁLISIS FUNCIONAL

Este análisis implica convertir sistemas en funciones para identificar que es exactamente lo que cada sistema tiene que realizar. En sistema estudiado, la etapa más importante es la de campaña, debido a que es en la que se emplea el diseño, por lo tanto esta etapa será desarrollada con un análisis funcional.

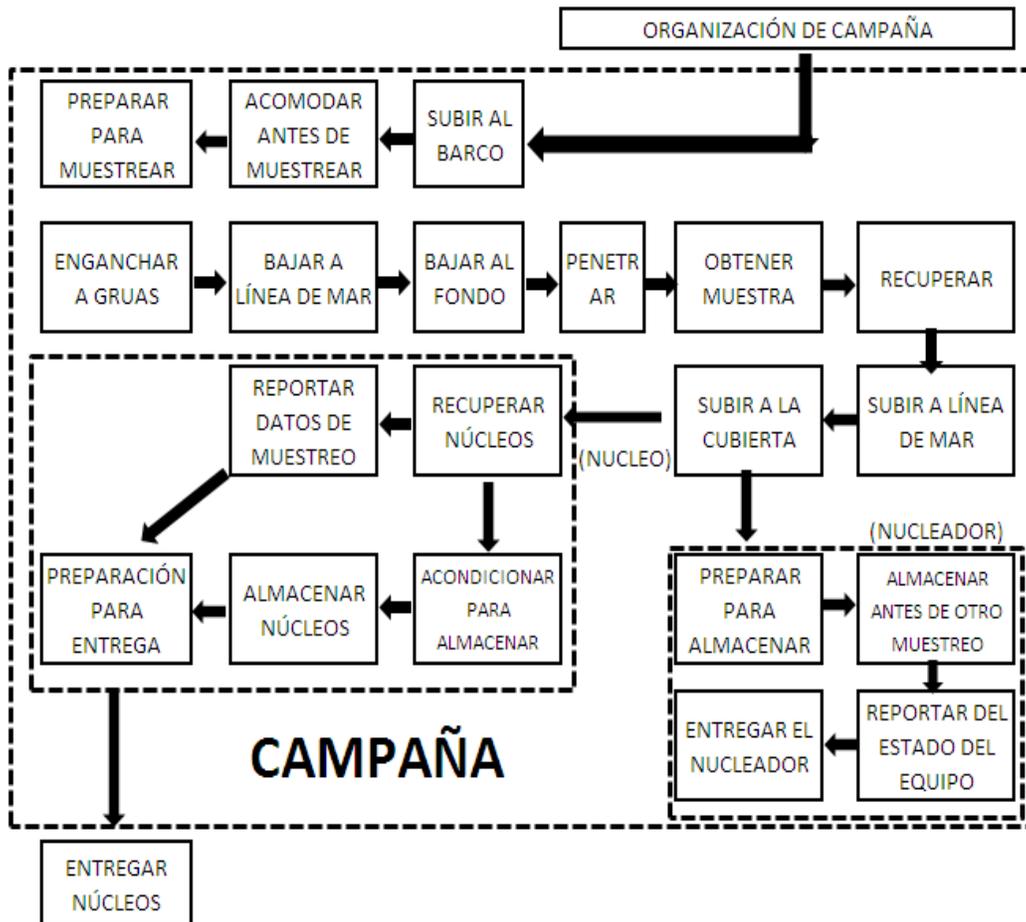


Diagrama 2.17 Análisis funcional de la etapa Campaña

QFD

En el presente trabajo se aplica una de las esencia de la metodología QFD (Quality Functional Deployment) que dice convertir las especificaciones establecidas por el cliente en especificaciones claras y mensurables, o al menos, definidas en cuanto a los aspectos de ingeniería. Para esto se enlistaron

las especificaciones y se definieron lo suficiente para convertirlas en metas de diseño, tal como el siguiente ejemplo.

| ESPECIFICACIONES | DESCRIPCIÓN | METAS DE DISEÑO |
|-------------------|--|--|
| Medición del peso | Para poder determinar cuál debe ser el peso definitivo para el sistema, se requiere un sistema de peso variable para evaluarlo y determinarlo. | Medir el peso para determinar la masa ideal del diseño |
| Pandeo de tubos | El concepto implica comprimir tubos de plástico que actúan como columnas, por lo que no deben fallar por pandeo | Soportar la carga máxima de pandeo |

Tabla 2.05 Ejemplo de aplicación del concepto de QFD

Estas metas de diseño son claras y definidas pero aún no son mensurables, debido a que su determinación implica un análisis completo y el objetivo de este trabajo es hacer manifiestas todas las actividades necesarias para lograr este desarrollo tecnológico, por lo que el máximo grado de definición al que se llega en este momento es el que se establece en las tablas siguientes.

El resto de las metas de diseño se muestran posteriormente.

PONDERACIÓN DE ESPECIFICACIONES

Utilizando lo que se ha definido en estos incisos, se procede a hacer un listado que cuente con un resumen de todo lo analizado para obtener una mayor claridad en la generación de conceptos. Además se incluyen los siguientes indicadores para facilitar la clasificación de metas de diseño

- **Directriz o Meta:** Se establece para diferenciar cuando una especificación tiene un objetivo muy claro a lograr (Meta) o si es una tendencia, un enfoque o algo que le dé forma, aunque no lo defina del todo (Directriz).
- **Independiente, Configuración o Uso:** Esta clasificación establece si la especificación impacta en el Nucleador, es decir, en el diseño del sistema principal (Configuración), si sólo impacta en su modo de empleo (Uso) o si no impacta (Independiente). Esto se debe a que permite identificar las metas de diseño que deben ser cumplidas en el Nucleador, las que se cumplen en el modo de utilizarlo y las que van más allá del equipo pero son importantes. Por ejemplo, El volumen de muestra impacta en la configuración, la calidad de muestra implica la configuración y el uso, pero que

haya una zona especial para colocar los las muestras, no es parte del diseño, pero es un apoyo importante.

En este apartado se muestra un ejemplo de esta ponderación y el resto de las metas se muestran en el apartado de Diseño conceptual.

| ESPECIFICACIONES | DESCRIPCIÓN | Orden de trabajo | | | | | | | DIRECTRIZ O META | IND, CONF, USO | METAS DE DISEÑO | |
|---------------------|-------------------------------|---|---------|---|---|---|---|---------|------------------|----------------|-----------------|--|
| | | Organización | Campaña | | | | | Entrega | | | | Análisis |
| DESEABLES | | | | | | | | | | | | |
| DURANTE EL ABORDAJE | Donde acomodar los tubos | donde colocar los tubos para que no estorben y no se dañen, ya que, sea la long que sea, pueden ser muchos. | x | x | x | x | x | x | x | M1 | I | ACOMODAR TUBOS AL EMBARCAR |
| | | | | | | | | | | M2 | I | ACOMODAR TUBOS QUE SOBRAN |
| | | | | | | | | | | M3 | I | PROCESAR CON TUBOS QUE SOBRAN |
| | Que herramientas se necesitan | El sistema requiere herramientas comerciales, como desarmadores, llaves, etc. como se si llevo todas las htas necesarias? | x | x | x | x | x | x | x | M4 | U | DEFINIR QUE HERRAMIENTAS DE TRABAJO SE REQUIEREN POR ETAPA |

Tabla 2.06 Ejemplo de la ponderación de especificaciones

MAPA DE METAS DE DISEÑO Y DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

El conjunto de metas de diseño, funciones y características de las especificaciones, hacen un mapa que permite tener una visión muy clara y resumida de todo lo que dirige el diseño. En este trabajo este mapa se muestra como una lista con las características principales de cada meta de diseño. Estas características son:

- Meta de diseño lineal, obligatoria o deseable
- A qué etapa del proceso que implica un muestreo, pertenece cada meta de diseño principalmente y a que otras funciones apoya.
- Descripción
- Directriz o Meta de diseño (ver inciso anterior)
- Independiente, Configuración o Uso (ver inciso anterior)

El mapa completo se presenta a continuación.

| ESPECIFICACIONES | DESCRIPCIÓN | Orden de trabajo | Campaña | | | | | Entrega | Análisis | DIRECTRIZ O META | IND, CONF, USO | METAS DE DISEÑO |
|------------------|-------------|------------------|--------------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|------------------|----------------|-----------------|
| | | | Organización | abordar | preparar | muestreo | guardar | | | | | |
| DESEABLES | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|----|-----|-------------------------------|---|
| DURANTE EL ABORDAJE | Donde acomodar los tubos | donde colocar los tubos para que no estorben y no se dañen, ya que, sea la long que sea, pueden ser muchos. | x | x | x | x | | | | | | | | | | | M1 | I | ACOMODAR TUBOS AL EMBARCAR | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | M2 | I | ACOMODAR TUBOS QUE SOBRAN | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | M3 | I | PROCESAR CON TUBOS QUE SOBRAN | |
| | Que herramientas se necesitan | El sistema requiere herramientas comerciales, como desarmadores, llaves, etc, como se si llevo todas las htas necesarias? | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | M4 | U | DEFINIR QUE HERRAMIENTAS DE TRABAJO SE REQUIEREN POR ETAPA |
| DURANTE LA PREPARACIÓN PARA MUESTREAR | A veces se congela | Hay condiciones extremas de trabajo que provocan fenómenos inesperados, como congelamiento o expansiones sucedan. Como tomarlas en cuenta para manejarlas | | | | | | X | x | | | | | | | | | M5 | U | DEFINIR EFECTOS EXTREMOS |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | M6 | U | IDENTIFICAR CAUSAS DE EFECTOS EXTREMOS |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | M7 | U | DETERMINAR COMO PREVENIR EFECTOS EXTREMOS |
| | No se pueden perder piezas | En un muestreo es normal estar apresurado, además de que se realiza por gente no experta, por lo que se llegan a perder piezas durante el trabajo, como se puede evitar? | | | | | | | X | x | | | | | | | | M8 | C | NO EXTRAVIAR MATERIALES Y EQUIPOS PERTENECIENTES AL SISTEMA |
| DURANTE EL MUESTREO | Condiciones climáticas | cuales son las condiciones climáticas bajo las cuales se puede trabajar | | | | | | | | | | | | | | | | M9 | U | DETERMINAR RANGOS CLIMÁTICOS DE OPERACIÓN |
| | No se usa en mal tiempo | Cuando hay mal tiempo no se puede trabajar, pero, ¿Habría una manera de que se ocupe el equipo sin importar el clima que hay? | | | | | | | | | | | | | | | | D10 | U C | PROCESO SEGURO DE OPERACIÓN EN MAL TIEMPO |
| | No se puede enviar mal armado | Una vez preparado el equipo para enviarlo a muestrear, debe haber algo que te indique que está mal armado y que no se puede ir, asi se evita el número de errores | | | | | | | | | | | | | | | | M11 | U | REVISAR ANTES DE LANZAR EQUIPO |
| | Que pasa si se rompe la cuerda | Cuando se muestrea, corre el riesgo de atorarse la cuerda o algo. Suponiendo que falla y se rompe, se tiene contemplado como resolver el problema con la menor pérdida posible? | | | | | | | | | | | | | | | | M12 | U C | RESOLVER UNA FALLA DE LA CUERDA PARA EVITAR LA PÉRDIDA |
| | Submuestreo | Al subir los núcleos al barco, están entubados totalmente, lo que se requiere es poder obtener una muestra pequeña de referencia sin abrir todo el núcleo. | | | | | | | | | | | | | | | | M13 | U C | SUBMUESTREAR |
| | Como identifico cada núcleo, estación, orientación | En cada muestreo saldrán muchos tubos llenos en lo que lo más imortante es saber | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|-----|---|--|---|--|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | masa | incontrolable, por o que hay que eliminarse, tanto al bajar el sist comoal subirlo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DURANTE EL MUESTREO | No dañar cuerda del barco | Debe ser lo mas independiente posible de las cuerdas del barco, ya que si hay una falla no provoque obligar a suspender la campaña | | | | | | | | | | | | | | | | | | D29 | U C | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO EN CASO DE EMERGENCIA | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | D30 | U C | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO DURANTE OPERACIÓN NORMAL | | | | | |
| | Como se levanta el equipo de la línea de mar a la cubierta, Manipulación | Debe poder ser levantado desde la línea de mar hasta la cubierta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | D31 | U C | MANIOBRABILIDAD SIMPLE DE LINEA DE MAR A CUBIERTA Y VICEVERSA | | | | |
| | No se pierda en altamar | Tiene algunas cuerdas que están sometidas a gran esfuerzo, por lo que hay que evitar que se pierda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | M32 | U C | EVITAR PÉRDIDA TOTAL EN ALTA MAR | | | | |
| | Ataque vertical | El nucleador puede penetrar en diferentes orientaciones, por lo que se busca que sea perfectamente paralela a la gravedad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | D33 | U C | ATAQUE VERTICAL | | | |
| | Arrastre del nucleador | Cuando se muestrea, el barco se mueve (deriva) por lo que debe tomar en cuenta que puede llegar a arrastrar el núcleo clavado que funcionaría como un ancla | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | M34 | C | EL ARRASTRAR DEL BARCO SOBRE EL NUCLEADOR NO PROVOQUE UN DAÑO SEVERO | | | |
| | Buena alineación | El concepto implica poleas y cuerdas, todo el sistema tenderá a seguir las líneas de fuerza, por lo que debe estar lo mas alineado posible | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | D35 | C | ALINEACIÓN MÁXIMA POSIBLE | | |
| ENTREGA | Calidad de muestra | LA calidad de la muestra es una función compleja de una gran cantidad de variables, por lo que hay que definir las y establecerlas para hacer un procedimiento de muestreo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | M36 | U C | DEFINIR CUAL ES LA CALIDAD DE MUESTRA | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBLIGATORIOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ORDEN DE TRABAJO | Sale muy caro usarlo | El sistema debe ser económico, pero es más importante que su uso sea muy económico, para evitar su desuso por costo | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | D37 | C | COSTO MÍNIMO DE OPERACIÓN | |
| | No parece funcionar, No se ve confiable | La forma del sistema debe "parecer" segura, es decir, que no se vea como un sistema que no tiene modo de funcionar o inseguro, por lo que se debe estudiar su diseño industrial | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | M38 | C | APARIENCIA CONFIABLE | |
| | No se lastime alguien | El sistema debe ser seguro y nadie debe salir herido, por lo que las operaciones riesgosas deben ser eliminadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | M39 | U C | SEGURO PARA EL PERSONAL QUE LO OCUPE |

genera falsas expectativas y clientes insatisfechos, una valuación mediocre no es atractiva, por lo que antes de establecer número comprometedores, se cree que es necesario probar y estar seguros. Esto es similar al precio de venta de un producto, si es muy alto, debe justificarse, si es muy bajo, puede apreciarse, pero debe cumplir tal y como lo especifica al inicio.

2.3.2.5.-DISEÑO CONCEPTUAL

Anteriormente se comentó la complejidad del diseño conceptual y en esta etapa se genera el concepto del diseño que permite resolverlo de la mejor manera.

El proceso de generación es complejo y una de las maneras de realizarlo es la metodología expuesta por Alejandro Ramírez Reivich⁵, en la que se enfoca a determinar el mejor concepto utilizando analogías.

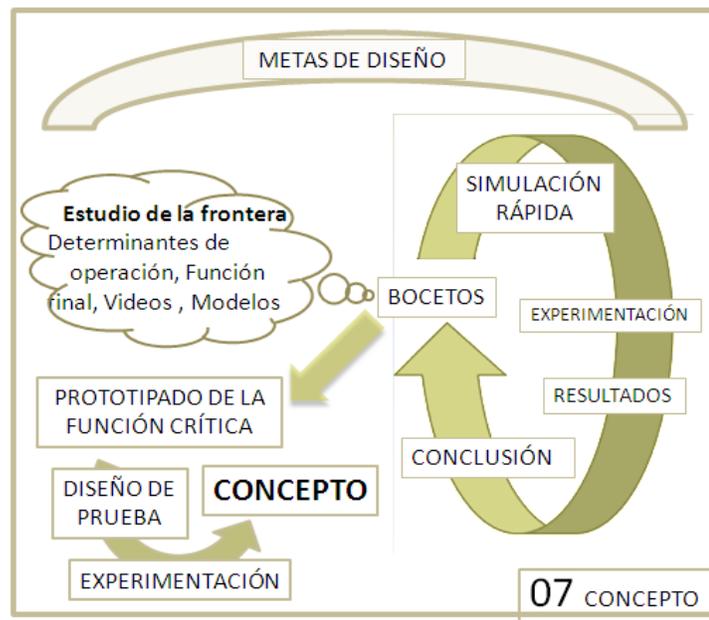


Diagrama 2.18 Diseño conceptual

En el capítulo anterior se describió el esquema del diseño conceptual. En este apartado se desarrollará un resumen de lo realizado para definir el concepto de este diseño. La base sobre la que se busca construir un concepto que satisfaga las expectativas del cliente es sobre las metas de diseño y el primer paso para armar un concepto es identificar que sistemas se deben de hacer. En este caso se expresan “los como’s” del diseño, es decir, una propuesta de lo que se requiere hacer, mientras que las metas de diseño son los “que’s”.

| Que | Cómo |
|----------------------------|---|
| Deseables | |
| ACOMODAR TUBOS AL EMBARCAR | diseñar un espacio para ubicar tubos al subir |

| | |
|---|--|
| ACOMODAR TUBOS QUE SOBRAN | diseñar un espacio para almacenar tubos que sobran |
| PROCESAR TUBOS QUE SOBRAN | |
| DEFINIR QUE HERRAMIENTAS DE TRABAJO SE REQUIEREN POR ETAPA | diseñar ayudas visuales que te indiquen todo lo que hay que llevar antes de la campaña |
| DEFINIR EFECTOS EXTREMOS | un estudio que defina cuales son los efectos extremo |
| IDENTIFICAR CAUSAS DE EFECTOS EXTREMOS | un estudio que defina que causa los efectos extremos |
| DETERMINAR COMO PREVENIR EFECTOS EXTREMOS | un estudio que determine como prevenir los efectos extremos |
| | diseñar procedimientos o accesorios que en base a las causas de factores extremos, permita corregirlas |
| NO EXTRAVIAR MATERIALES Y EQUIPOS PERTENECIENTES AL SISTEMA | diseñar un método para evitar que se extravié cualquier cosa útil para el sistema |
| DETERMINAR RANGOS CLIMÁTICOS DE OPERACIÓN | un estudio que defina cuales son los rangos climáticos de operación del equipo |
| PROCESO SEGURO DE OPERACIÓN EN MAL TIEMPO | un diseño que pueda muestrear en mal tiempo |
| REVISAR ANTES DE LANZAR EQUIPO | diseñar un sistema que te indique si está bien armado y lo puedas revisar justo antes de enviarlo |
| RESOLVER UNA FALLA DE LA CUERDA PARA EVITAR LA PÉRDIDA | diseñar el sistema de emergencia por corte de cuerda |
| SUBMUESTREAR | diseñar una manera de poder obtener muestras del núcleo sin necesidad de cortarlo |
| IDENTIFICAR TODA LA INFORMACIÓN PERTINENTE POR NÚCLEO | diseñar un método de captura rápida de información para cada núcleo |
| IDENTIFICAR UN ÁREA DE ALMACENAJE | diseñar de modo que se almacene en un lugar especial del barco |
| ALMACENAR | diseñar el proceso de almacenaje |

| Que | Cómo |
|---|---|
| LINEAL | |
| COSTO MÍNIMO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA | |
| DEFINIR DIMENSIONES MENORES AL MÁXIMO TRANSPORTABLE, TANTO EN B/O COMO EN CAMIONES DE LA UNAM | |
| IDENTIFICAR ESTADO DE PIEZAS-SUMINISTRO | identificar todas las piezas que deben cambiarse |
| PIEZAS-SUMINISTRO COMERCIALES | diseñar usando repuestos comerciales sencillos de obtener para futuras campañas |
| SENCILLO DE ABORDAR AL BARCO Y DESCENDER | diseñar de modo que sea fácil subirlo al barco y bajarlo |
| | diseñar procedimiento de abordar y descender equipo |
| MÍNIMO PERSONAL | |
| MÍNIMA CAPACITACIÓN | |
| PODER USARLO "CUALQUIER" PERSONA | diseñar un sistema de capacitación rápida y uno de capacitación base |
| NO ESTORBAR A LOS DEMAS EQUIPOS | |
| ENREDO MÍNIMO DE CABLES | |
| UTILIZAR EL MENOR TIEMPO POSIBLE EN TODAS LAS ÁREAS NECESARIAS (GUARDAR, MUESTREAR, ETC.) | |
| OSCILACIÓN DURANTE PREPARACIÓN PARA MUESTREAR MÍNIMA | |
| DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO EN CASO DE EMERGENCIA | |
| DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO DURANTE OPERACIÓN NORMAL | |
| MANIOBRABILIDAD SIMPLE DE LINEA DE MAR A CUBIERTA Y VICEVERSA | diseñar procedimiento de levantamiento de equipo |
| | diseñar procedimiento de lanzamiento de equipo |
| EVITAR PÉRDIDA TOTAL EN ALTA MAR | diseñar un plan de emergencia para la pérdida del equipo, ya sea para |

| | |
|--|---|
| | su recuperación después de romper el cable o para que al romperse el cable haya uno de emergencia |
| ATAQUE VERTICAL | |
| EL ARRASTRAR DEL BARCO SOBRE EL NUCLEADOR NO PROVOQUE UN DAÑO SEVERO | estudiar cuanto es el arrastre del barco sobre el nucleador y determinar como mitigar este efecto de "falsa ancla" |
| ALINEACIÓN MÁXIMA POSIBLE | debe diseñarse de modo que la fuerza fluya sin dañar el equipo |
| DEFINIR CUAL ES LA CALIDAD DE MUESTRA | diseñar un procedimiento de muestreo |
| | un estudio de cómo alteran la muestra las variables implicadas |
| OBLIGATORIAS | |
| COSTO MÍNIMO DE OPERACIÓN | diseñar utilizando suministros refacciones económicas, sin alterar la calidad del muestreo |
| APARIENCIA CONFIABLE | |
| SEGURO PARA EL PERSONAL QUE LO OCUPE | |
| PLANO DE RECURSOS DEL B/o | Un informe que establezca todas la posibilidades de apoyo al sistema |
| MÁRGENES DE TRABAJO DENTRO DE LOS RANGOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE CARGA DE LOS B/o's | |
| DAÑO NULO DURANTE EL ARMADO | |
| NO DESAJUSTES ENTRE LANZAMIENTO Y ATERRIZAJE | |
| MEDIR EL PESO PARA DETERMINAR LA MASA IDEAL | estudiar cual es el peso necesario para el trabajo |
| DETERMINACIÓN DE TIPOS DE SUELO A PENETRAR | informe que determine que rangos de suelo se pueden muestrear de la manera más rápida posible |
| DAÑO NULO AL IMPACTAR AL SUELO MARINO (ROCOO O SUAVE) | |
| PENETRAR CON CARGA CONTINUA Y CONSTANTE | |
| CONTROLAR O ELMINAR EL MOMENTO DE FLEXIÓN EN LAS GUÍAS DE PENETRACIÓN | |
| SOPORTAR CARGAR MÁXIMAS DE PANDEO | |
| MANTENER POSICIÓN VERTICAL | |
| RESISTENCIA SATISFACTORIA DEL EQUIPO | |
| NO ALTERAR ESTABILIDAD DEL B/O | estudio de cual es la capacidad de carga y las condiciones de trabajo que permiten no caer en la inestabilidad |
| | un informe de cual es el rango de operación del sistema máximo para evitar alteraciones de la estabilidad del barco |
| Que | Cómo |
| PLANEAR POSIBLES FALLAS Y ACCIONES | hacer un plan de emergencia en el que se reconocen las posibles fallas y las acciones pertinentes |
| RETENCIÓN DE SEDIMENTO MÁXIMA | |
| DAÑO NULO AL GOLPEAR CON EL B/O | |
| ESPECIFICAR COMO SE PUEDEN ACONDICIONAR LOS NÚCLEOS | diseñar un procedimiento de manejo de los núcleos |
| VOLUMEN DE MUESTRA SUFICIENTE | |
| ASEGURAR CALIDAD AL OBTENER MUESTRA | diseñar un subsistema de muestreo rápido |
| TOLERAR EFECTOS DE OLEAJE | |
| TOLERAR EFECTOS DE TORSIÓN | |
| | |

Tabla 2.08 Qué's y Como's del diseño

ESTUDIO DE LA FRONTERA

Lo primero que se hizo fue estudiar el concepto actual de gravedad en los esquemas disponibles, en la estancia del buque oceanográfico El Puma.

Este concepto lo emplea el Nucleador Kulleberg y se muestra en el siguiente esquema:

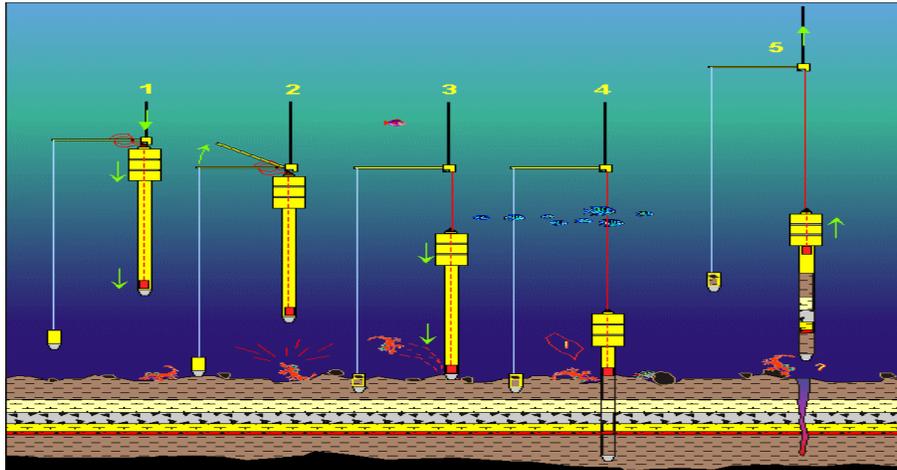


Imagen 2.18 Concepto del Nucleador Kulleberg

El concepto se basa en un tubo con peso en la parte superior y un accionador con una cadena. Cuando el peso del accionador toca el suelo, libera el Nucleador (tubo con peso) y este aumenta su velocidad de penetración en el lecho marino. Al penetrar tiene un tapón desplazable que se eleva conforme entra el sedimento. Una vez que el Nucleador ha dejado de penetrar se jala y el tapón hace un efecto de vacío tipo popote y ayuda a mantener la retención de la punta, esto agregada una nariz para evitar que salga el sedimento. A grandes rasgos, es meter un popote en un lodo y tapar la punta superior para que por vacío no salga el fluido.

Para poder entender un concepto, una vez que se entiende el mecanismo del concepto, se procede a estudiar el comportamiento de la frontera. La frontera es la zona del sistema en la que se hace el mayor intercambio de energía, y en este caso es entre la punta del nucleador y el suelo marino. La punta del nucleador puede ser decidida en el proceso del diseño, por lo que conviene estudiar el suelo marino para que la punta del nucleador se adapte a este.

A grandes rasgos hay tres tipos de suelos en el mar, el rocoso, el arenoso y el arcilloso. El proceso de obtener núcleos del fondo del mar con este concepto, se enfoca a suelos arcillosos, debido a que los rocosos requieren una gran cantidad de energía para ser penetrados y los de arena oponen gran resistencia a la extracción. Uno de los principales motivos de muestrear preferentemente en suelos arcillosos es que la materia orgánica se conserva

entre los espacios formados por las estructuras de material duro y permite su análisis.

El suelo marino arcilloso está conformado por diversas clases de lodos, compuestos a su vez por materia que sedimenta en cada zona. Esta materia está compuesta por granos duros y suaves, ya sean pequeños o grandes. En las arcillas marinas promedio se produce entre los granos gruesos una liga arcillosa coloidal altamente consolidada, que define la capacidad del esqueleto para soportar carga. En otras palabras, se forma una estructura tipo castillo de naipes que tiene una gran capacidad de carga pero que el medio está vacío. Estas ligas arcillosas están sujetas a presiones de la masa del suelo, mientras que la arcilla que llena los vacíos del esqueleto se mantiene blanda y suelta, sujeta a presiones menores. A esto se le llama una estructura floculenta y se muestra en la siguiente imagen.

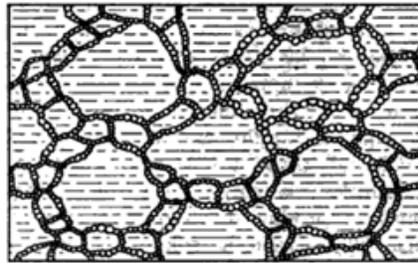


Imagen 2.19 Estructura floculenta

En esta imagen se presenta que la zona rayada está compuesta por agua, mientras que las cadenas son el material sólido que forma esta estructura. En esta estructura, que es la unidad que conforma las arcillas del suelo marino, el aumento de la carga disminuye el agua interna, provocando un aumento en la resistencia.¹³

Físicamente, esta característica provoca que la arcilla marina se comporte como un fluido tixotrópico con una estructura compuesta en la que quedan suspendidas partículas de baja resistencia y líquido (como el limo) entre una estructura de partículas de alta resistencia que requiere carga para deformarse.

Los fluidos tixotrópicos tienen como principal característica que existe una deformación crítica que rompe la adherencia y vuelve blando el material. Mecánicamente hablando, su gráfica de esfuerzo cortante (τ) necesario para mantener una deformación a velocidad constante contra el tiempo es la siguiente:

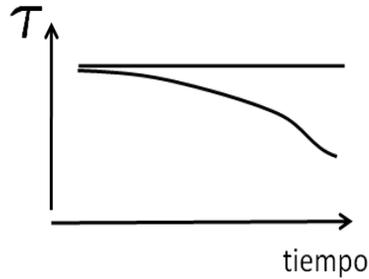


Diagrama 2.19 Esfuerzo cortante contra tiempo para deformación a velocidad constante

Se debe a que la gráfica esfuerzo cortante contra deformación no varía de forma lineal, sino que llega a un punto donde la deformación continúa a carga constante.¹⁴

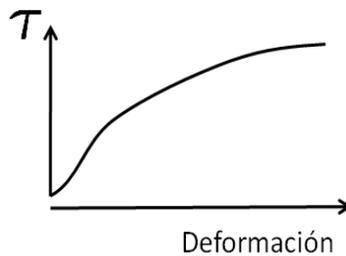


Diagrama 2.20 Curva de esfuerzo contra deformación de un material fixotrópico

El comportamiento permite identificar que al acelerar la velocidad de deformación, provocada por la penetración a gran velocidad, también incrementa la carga de reacción del sedimento sobre el nucleador. Esto provoca que la carga necesaria para penetrar profundamente, debe ser elevada y a la vez, este comportamiento también permite identificar que una carga a velocidad constante, que sea igual o mayor a la carga crítica, logrará una penetración constante y suave.

Este análisis nos dice que un concepto que podría ser exitoso, no necesariamente requiere una carga muy elevada, sino una carga constante a velocidad constante y uniforme.

LA FUNCIÓN CRÍTICA

Analizada la frontera, se han definido algunos aspectos del concepto que requiere la función crítica.

Desde el enfoque de la escuela Stanford, se selecciona la función crítica y se prototipa, puliendo las especificaciones. En este caso la función crítica es la que al cumplir la meta de diseño crítica. Gran parte del grupo de las especificaciones que se presentan, fueron generadas mientras se hacían prototipos para determinar cuál era la mejor manera de realizar el objetivo.

Entre las metas de diseño críticas se tienen las siguientes:

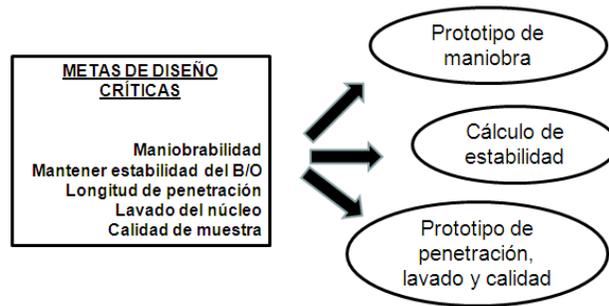


Diagrama 2.21 Metas de diseño críticas

- Maniobrabilidad:
 - En un buque oceanográfico pequeño, la maniobrabilidad se convierte en la principal limitante en el manejo del diseño.
- Mantener estabilidad del B/O
 - Independientemente de los resultados que se obtengan, por ningún motivo la seguridad debe ser comprometida
- Longitud de penetración
 - Entre mayor sea, mejor
- Lavado del núcleo
 - Mantener la retención de las muestras es vital para no perderlas entre el muestreo y la línea de mar.
- Calidad de muestra
 - La calidad de muestra es la base de la calidad de los resultados

De las mencionadas, la más importante es la **calidad de muestra** por lo que la función crítica será la que permita obtener una calidad de muestra elevada, en este caso es la de **penetrar en el sedimento** de modo uniforme y a velocidad constante.

Se generaron diferentes conceptos, para penetrar el suelo limo arcilloso. Estos son:

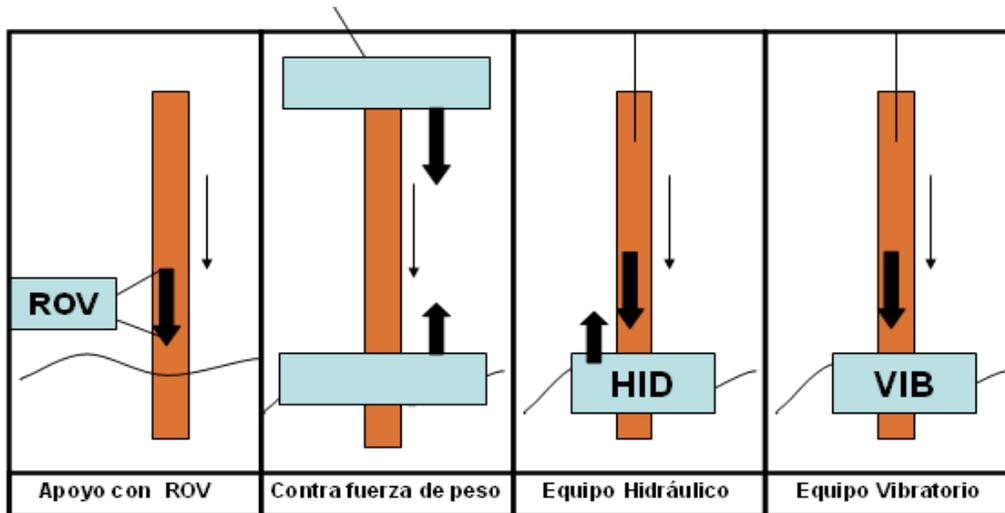


Diagrama 2.22 Conceptos de Nucleación

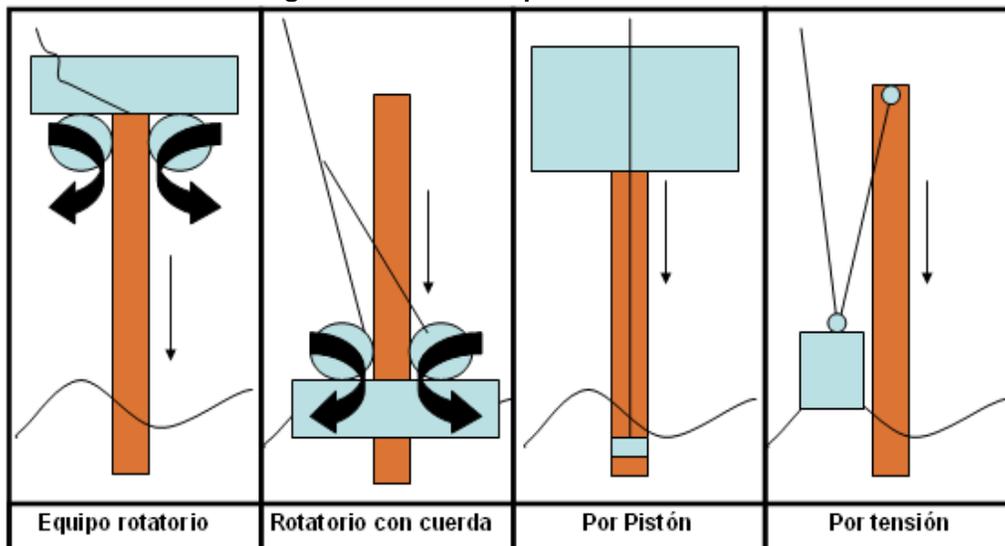


Diagrama 2.23 Conceptos de Nucleación 2

De estos conceptos, se analizó y por eliminación, se determina que el mejor concepto es el de tensión, debido a:

- Apoyo con ROV (Remote Operated Vehicle) implica un sistema muy costoso, ya que incluye el diseño de un ROV de mucha fuerza para penetrar, dirigir y elevar.
- El sistema de contrafuerza es interesante, pero tiene el defecto que cuando el sistema encuentra un suelo rocoso y la profundidad de viaje es grande, el sistema adquiere mucha fuerza y con la desalineación del impacto, las cargas tienden a generar un colapso de la columna del nucleador.

- El de equipo hidráulico es una opción muy buena, pues incluso se ocupa en el Joides Resolution y obtiene una gran precisión en la muestra, sólo que su inconveniente es el elevado costo de la línea de presión hidráulica que tiene que manejarse en paralelo con la penetración.
- El de equipo de vibración es muy útil en cuanto a penetración se refiere, pues con la inercia del desplazamiento a profundidad, puede generarse un sistema oscilatorio que favorece una gran penetración en el suelo arcilloso, sólo que tiene el inconveniente que la vibración tiende a alterar la posición de las partículas y esto afecta la calidad de muestra.
- El concepto con equipo rotatorio requiere una línea viva que inyecte energía desde la superficie. Esto limita mucho su aplicación debido a que el cable necesario para el trabajo es muy costoso.
- El de rotatorio con cuerda implica agregar energía durante el descenso, aprovechando la inercia de giro. Este concepto es difícil de controlar durante la perforación y tiende a moverse bruscamente, agitando la muestra.
- El concepto de nucleador de pistón es el más famoso y utilizado, sólo que tiene el inconveniente de que requiere una carga elevada para penetrar por gravedad. Esta carga oscila entre los nucleadores conocidos, y va desde 4 hasta 7 toneladas. Esto implica la instalación de un wrench más poderoso y hacer un estudio de la capacidad del B/O de la UNAM
- El nucleador por tensión, parece un concepto que cubre todos los campos deseados, el único punto es la complejidad del cambio de dirección y el manejo de cuerdas.

El nucleador de tensión es la mejor opción y se basa en la consideración que el suelo marino es un sistema arcilloso limoso, lo que lo convierte en una sustancia de comportamiento tixotrópico, es decir, que mientras se aplique la carga, a velocidad constante, el cortante que ofrece esta sustancia es mínimo, lo que se traduce, teóricamente, en una penetración infinita, únicamente frenada por el aumento de la superficie de fricción. Este concepto combina una penetración a baja velocidad, sin comprometer el funcionamiento forzándolo a impactos para obtener profundidad, además que puede ser

continuo, constante y gradual, lo que promete una calidad de muestra muy similar a la que ofrece el sistema hidráulico, pero, a un costo mucho menor.

El concepto de nucleación por tensión que cumple con las condiciones de la frontera y promete funcionar en la realidad. Además, en lugar de utilizar la gravedad, utilizar la fuerza de la cuerda de carga para penetrar con una masa como fuerza de penetración.

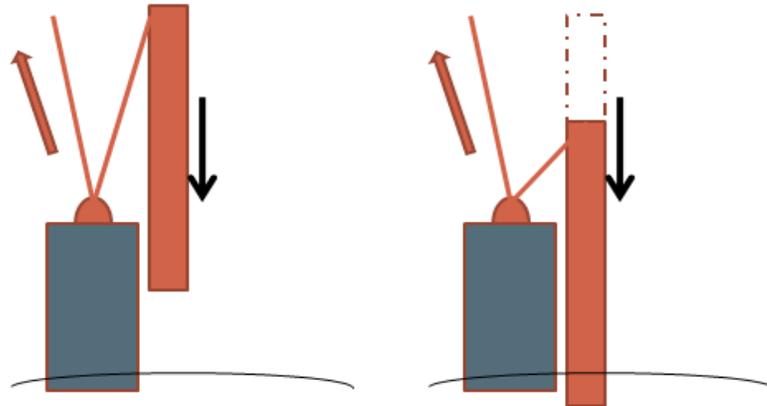


Diagrama 2.24 Concepto de Nucleación por tensión

EVALUACIÓN DEL CONCEPTO CON PROTOTIPOS

Se construyeron cuatro prototipos para hacer evolucionar el concepto que más ventajas ofrecía, y estos permitieron aprender más del problema hasta generar un prototipo que promete una mayor capacidad de solución.



Imagen 2.20 Prototipos desarrollados para evaluar el concepto.

El cuarto prototipo logró penetrar a velocidad constante. Este se evaluó a escala en dos experimentos, en el primero se evaluó penetrando en un bote con una muestra de sedimento marino y el segundo en un bote con mermelada al fondo de un tambo de 60 litros lleno.

El prototipo se compone como se muestra en la imagen 2.21, donde las manos girando un carrete hilo, representan el tambor del wrench, una polea el polipasto superior, un flotador para pesca el cuerpo de flotación para mantener la verticalidad, los hilos las cuerdas del B/O, un popote el nucleador, un vaso de aluminio repleto de grava la masa de carga y una muestra de suelo marino en la parte inferior para mostrar la resistencia real y la penetración de este prototipo.

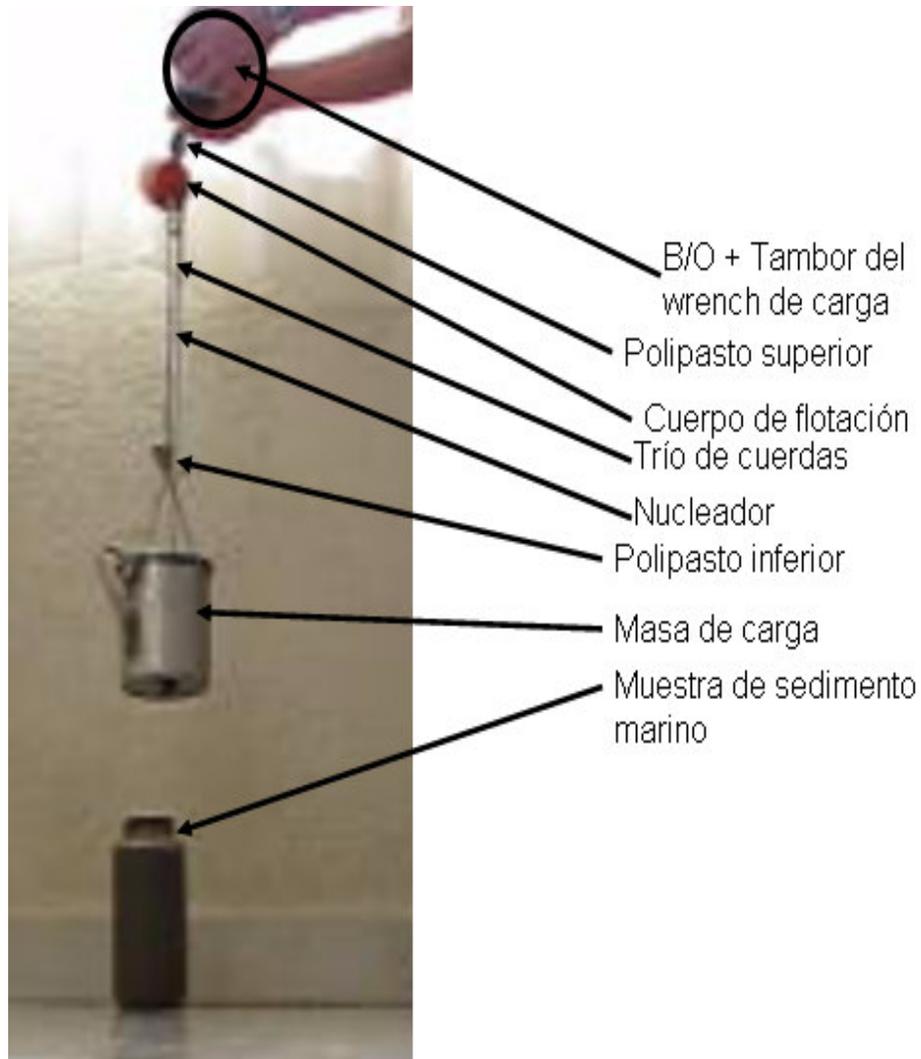


Imagen 2.21 Prototipo de nucleación por tensión.

De izquierda a derecha se muestra el experimento. En el primer y segundo cuadro se simula el sistema descendiendo. Solamente se sostiene el carrete de hilo y se baja gradualmente. En el tercer cuadro se muestra cuando toda suelo, en este caso se amortigua la caída, pero en la realidad la masa de carga debe tener un área grande de aterrizaje (se estima un diámetro de 2 metros) para evitar ladeos y esta no debe anclarse, sino que el perfil debe ser con tendencia a salir fácilmente. En este cuadro se ve como los hilos pierden tensión y el nucleador penetra por la inercia. En el cuadro cuarto el hilo se ha enredado y se observa como la tensión hace que penetre más el nucleador a velocidad constante. El quinto cuadro muestra que cuando el polipasto superior se ha unido con el inferior se convierte en una sola pieza y la cuerda deja de avanzar, por lo que el nucleador comienza a subir como un sistema completo. En otros experimentos se encontró que cuando el nucleador

encuentra suelo duro antes de contraerse completamente, la carga se apoya y utiliza al nucleador como columna y empieza a subir, lo que termina uniéndose a los polipastos y provoca el mismo efecto que cuando sólo halla suelo suave. En este último cuadro se ve como el nucleador sale lleno de muestra, ahora el objetivo es retenerla dentro durante su viaje a la superficie.

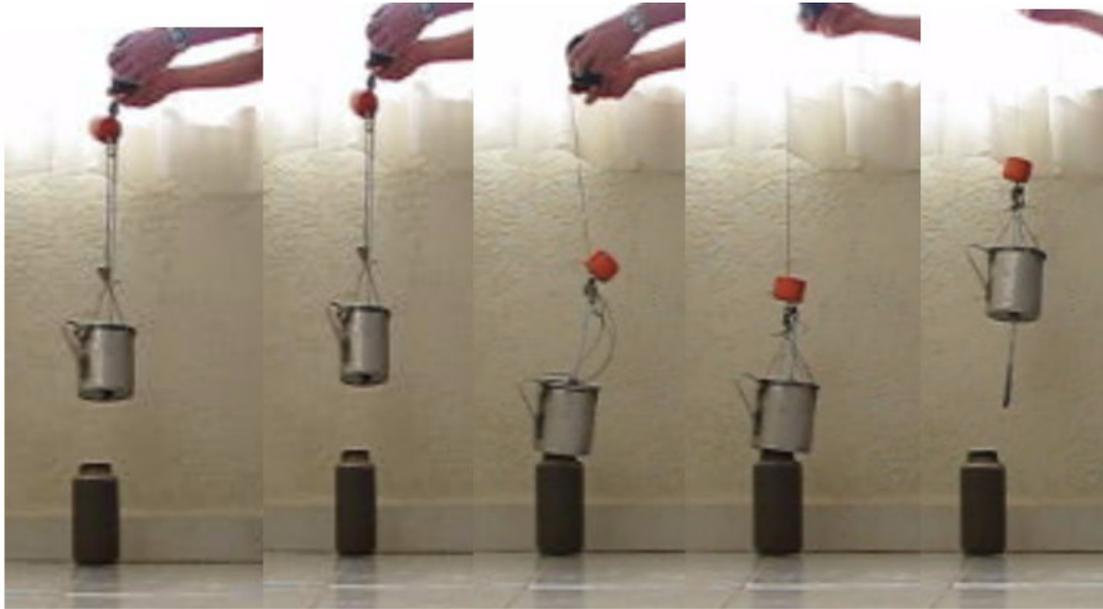


Imagen 2.22 Evaluación con un prototipo del concepto de penetración por tensión.

El segundo experimento fue realizado al colocar un bote de mermelada en el fondo de un bote con agua y se evaluó su comportamiento en un medio sumergido obteniéndose un comportamiento adecuado, tal y como se logró en el experimento anterior. Este experimento se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 2.23 Evaluación de la función crítica de penetración en medio acuático con un prototipo rápido

Después de esta iteración sobre un concepto, se define que el concepto a desarrollar es el que se desempeñó con éxito en la cuarta iteración.

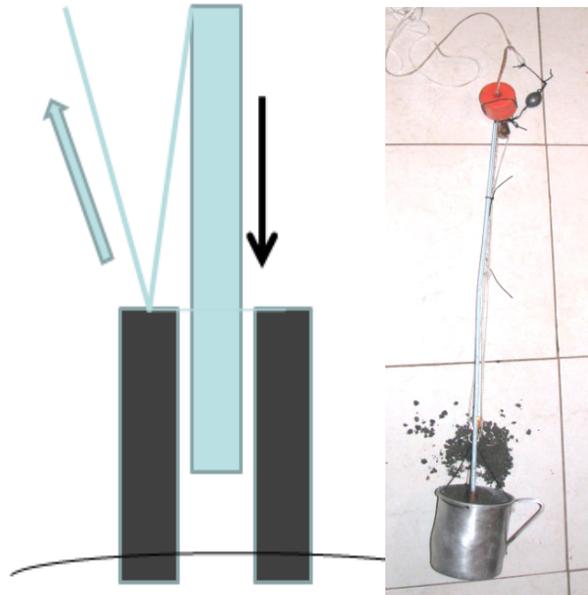


Imagen 2.24 Concepto de penetración por tensión y su prototipo de validación

2.3.2.6.- DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

En este trabajo se utilizará parte de la metodología de diseño óptimo de Dr. Guillermo Aguirre Esponda⁶.

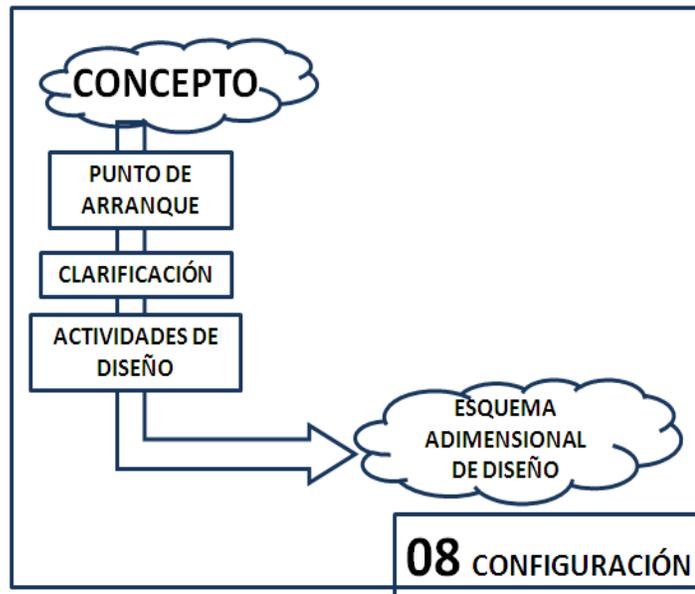


Diagrama 2.25 Diseño de configuración

Punto de arranque

En el capítulo dos se comenta el enfoque con el que se realiza esta configuración y comienza con la generación de un **punto de arranque**. El punto de arranque es un diseño con los elementos mínimos para lograr que funcione y se obtiene desacoplando el autómata, en otras palabras, agregando los elementos necesarios al concepto mínimo funcional del diseño. El autómata (concepto mínimo funcional del diseño) de este diseño es el que se muestra en la siguiente imagen.

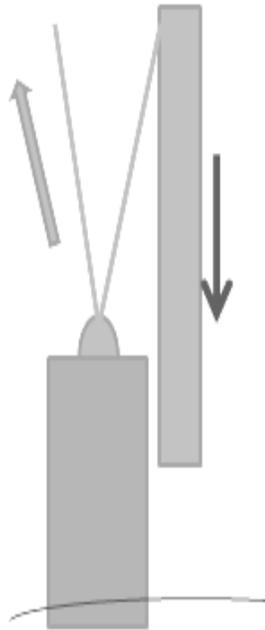


Imagen 2.25 Autómata

El autómata está compuesto por tres elementos, una cuerda que transmite la fuerza, una masa que sirve para cambiar la dirección de la carga y un tubo para muestrear. Este es el inicio del diseño y conforme se agreguen las especificaciones, el diseño crecerá en complejidad desacoplándose hasta cumplir cada una de las metas de diseño, pero para comenzar los desacoplamientos es necesario identificar un diseño inicial que cumpla con la función crítica, es decir, el punto de arranque. Este diseño contiene los elementos que lograron que el prototipo del concepto funcionara, por lo tanto, el punto de arranque es el prototipo cuarto mostrado en la sección anterior. Su diagrama se muestra a continuación.

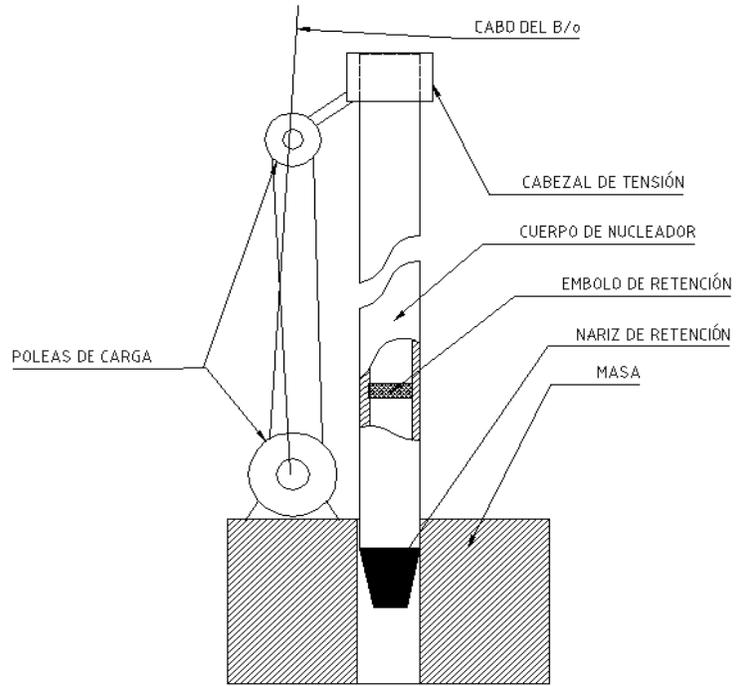


Diagrama 2.26 Modelo de Nucleador

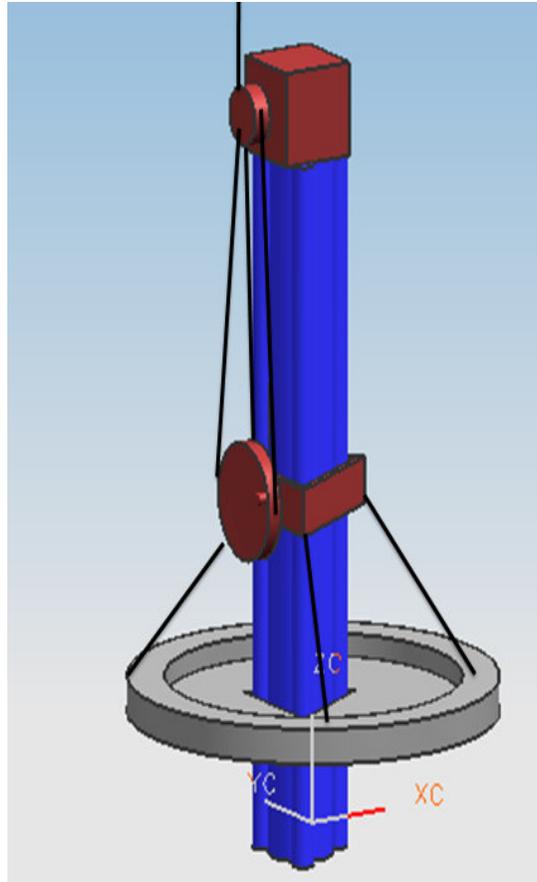


Imagen 2.26 Configuración general del diseño

En la imagen 2.27 se muestra la configuración y las flechas indican las direcciones de las fuerzas implicada en el accionamiento del dispositivo, que se compone de una fuerza (verde) ejercida por el B/O que se transmite con la polea superior hacia la polea inferior mediante los cables tensores y finalmente genera un efecto de contracción entre las poleas. Esto aunado al peso de la masa inferior, provoca que el nucleador penetre en la superficie del fondo del mar.

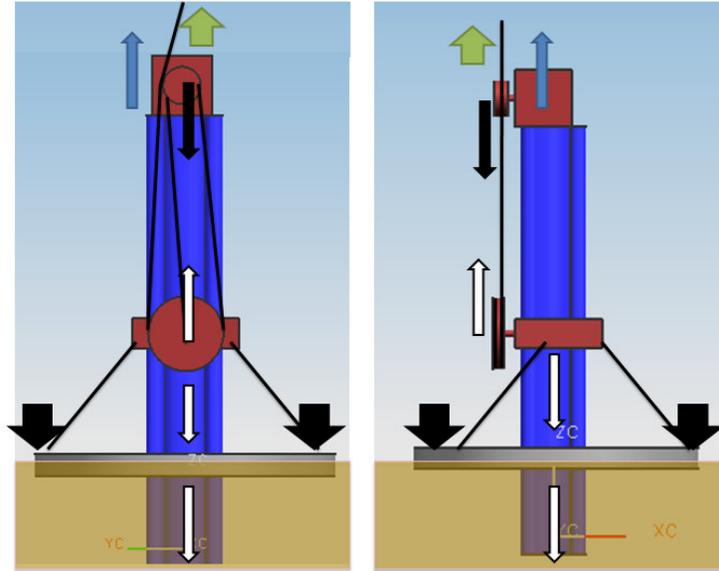


Imagen 2.27 Flujo de fuerzas en ambos planos en configuración general

CLARIFICACIÓN

La claridad de un sistema, desde el enfoque de la metodología del Dr. Aguirre, se refiere a cual es la posición que buscamos de un sistema técnico entre los polos Costo, Desempeño y Confiabilidad. En este caso, se busca un dispositivo de alta confiabilidad para que la calidad de muestra sea muy elevada y constante, además de que se desea mantener un costo medio y un desempeño elevado. No se busca el máximo desempeño debido a que los costos crecen demasiado por el tamaño del diseño y tampoco un costo bajo debido a que si no se obtiene una calidad de muestra mínima, no es relevante el muestreo.

Gráficamente la claridad se muestra de la siguiente manera:

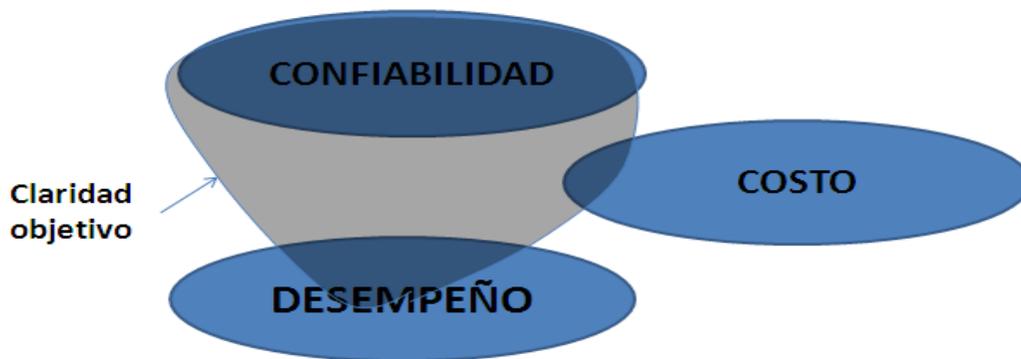


Diagrama 2.27 Claridad objetivo

Una vez identificada la claridad que se busca lograr en el diseño, se procede a desacoplarlo hasta lograrla, es decir, se agregan elementos de

diseño hasta que se conjunte el sistema que se está buscando. Los elementos que se agregan son los que cumplen las metas de diseño en el grado que se logra la claridad objetivo.

En el presente trabajo el objetivo es definir cuáles son las tareas a realizar para el desarrollo tecnológico de un Nucleador largo, por lo que la aplicación de la clarificación al diseño queda fuera de los alcances del presente, debido a que implica la aplicación de todas las metas de diseño hasta lograr un diseño que cumpla con la relación confiabilidad-costo-desempeño (claridad) establecida. Este proceso implica una gran cantidad de trabajo de diseño localizado, desde conceptos y configuraciones que cumplan una meta específica en una zona determinada del diseño hasta detalles y cálculos para definir cuestiones como el tamaño, peso y demás variables físicas que permiten transformar una idea en un costo.

Como ejemplo, para definir cuál es el perfil del Nucleador que ofrecerá una mayor eficiencia de penetración se requiere un estudio completo, que puede ir desde un cálculo de la fuerza fricción que provoca sobre un perfil determinado el sedimento marino, hasta las pruebas en campaña para determinar cuál es el perfil óptimo para esta aplicación. Una vez definido si es circular o triangular, se puede determinar que opción se elige. Por la claridad objetivo, se seleccionará la que ofrezca mayor confiabilidad, y si ambas presentan la misma confiabilidad, se elige la de menor costo, y en caso de un tercer empate, se elige la de mejor desempeño. Este análisis puede aplicarse para todos los elementos de diseño del sistema.

ACTIVIDADES DE DISEÑO

En la sección de metas de diseño se estableció que hay metas que impactan en la configuración del diseño. Estas metas sirven como referencia para definir las actividades de diseño que generan la configuración. Estas metas, junto con la actividad que requieren son:

| CONFIGURACIÓN | | | |
|-------------------------|-----------------------|---|---|
| DIRECTRIZ O META | IND, CONF, USO | METAS DE DISEÑO | ACTIVIDADES DE DISEÑO |
| M8 | C | NO EXTRAVIAR MATERIALES Y EQUIPOS PERTENECIENTES AL SISTEMA | Agregar elementos de diseño a configuración definida para evitar extraviar materiales y equipos pertenecientes al sistema |
| D10 | U C | PROCESO SEGURO DE OPERACIÓN EN MAL TIEMPO | Adecuar diseño para obtener un proceso seguro de operación |
| M12 | U C | RESOLVER UNA FALLA DE LA CUERDA PARA EVITAR LA | Agregar elementos de diseño para facilitar |

| | | | |
|-------------------------|-----------------------|---|---|
| | | PÉRDIDA | una recuperación |
| M13 | U C | SUBMUESTREAR | Agregar elementos de diseño para submuestrear |
| D17 | C | COSTO MÍNIMO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA | Seguir la directriz de menor costo posible |
| M18 | C | DEFINIR DIMENSIONES MENORES AL MÁXIMO TRANSPORTABLE, TANTO EN B/O COMO EN CAMIONES DE LA UNAM | Seguir la directriz de las dimensiones |
| M19 | U C | IDENTIFICAR ESTADO DE PIEZAS-SUMINISTRO | Seguir la directriz para que sean apreciables los estados de operación de las piezas |
| D20 | C | PIEZAS-SUMINISTRO COMERCIALES | Seguir la directriz de que las piezas suministro sean comerciales |
| D21 | U C | SENCILLO DE ABORDAR AL BARCO Y DESCENDER | Adecuar el diseño para que sea sencillo de abordar al barco y descender |
| D22 | U C | MÍNIMO PERSONAL | Adecuar el diseño para que requiera la menor cantidad de personal |
| D23 | C | MÍNIMA CAPACITACIÓN | Seguir la directriz para que sea lo mas simple de operar |
| M24 | U C | PODER USARLO "CUALQUIER" PERSONA | |
| M25 | U C | NO ESTORBAR A LOS DEMAS EQUIPOS | Adecuar el diseño al espacio destinado disponible en el B/O |
| D26 | C | ENREDO MÍNIMO DE CABLES | Agregar elementos de diseño para evitar enredos de cables |
| D27 | U C | UTILIZAR EL MENOR TIEMPO POSIBLE EN TODAS LAS ÁREAS NECESARIAS (GUARDAR, MUESTREAR, ETC.) | Seguir la directriz de operaciones sencillas y cortas en tiempo |
| D29 | U C | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO EN CASO DE EMERGENCIA | Agregar elementos de diseño para el caso de emergencia |
| D30 | U C | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO DURANTE OPERACIÓN NORMAL | Agregar elementos de diseño para disminuir el impacto sobre las cuerdas del barco |
| D31 | U C | MANIOBRABILIDAD SIMPLE DE LINEA DE MAR A CUBIERTA Y VICEVERSA | Seguir la directriz de la mayor facilidad de operaciones de lanzamiento y recuperación |
| M32 | U C | EVITAR PÉRDIDA TOTAL EN ALTA MAR | Agregar elementos de diseño que permitan resolver esta emergencia |
| D33 | U C | ATAQUE VERTICAL | Agregar elementos de diseño para penetrar verticalmente |
| | | | |
| | | | |
| DIRECTRIZ O META | IND, CONF, USO | METAS DE DISEÑO | ACTIVIDADES DE DISEÑO |
| M34 | C | EL ARRASTRAR DEL BARCO SOBRE EL NUCLEADOR NO PROVOQUE UN DAÑO SEVERO | Agregar elementos de diseño que permitan un desplazamiento relativo grande entre el barco y el nucleador anclado al fondo durante operación |
| D35 | C | ALINEACIÓN MÁXIMA POSIBLE | Agregar elementos de diseño que permitan alinear la línea de penetración del nucleador con la línea paralela a la gravedad en el punto de penetración |
| M36 | U C | DEFINIR CUAL ES LA CALIDAD DE MUESTRA | Agregar elementos de diseño que permitan |

| | | | |
|-----|-----|--|---|
| | | | obtener la calidad de muestra definida previamente |
| D37 | C | COSTO MÍNIMO DE OPERACIÓN | Seguir la directriz de menor costo de operación |
| M38 | C | APARIENCIA CONFIABLE | Agregar elementos de diseño que provoquen una imagen confiable |
| M39 | U C | SEGURO PARA EL PERSONAL QUE LO OCUPE | Agregar elementos de diseño que maximicen la seguridad del personal |
| D42 | C | DAÑO NULO DURANTE EL ARMADO | Adecuar para evitar errores y daños durante el armado |
| M43 | U C | NO DESAJUSTES ENTRE LANZAMIENTO Y ATERRIZAJE | Agregar elementos de diseño para evitar desajustes entre lanzamiento y aterrizaje |
| M44 | C | MEDIR EL PESO PARA DETERMINAR LA MASA IDEAL | Agregar elementos de diseño para lograr el peso necesario |
| M45 | C | DETERMINACIÓN DE TIPOS DE SUELO A PENETRAR | Agregar elementos de diseño para la penetración en el rango de los suelos objetivo. |
| M46 | U C | DAÑO NULO AL IMPACTAR AL SUELO MARINO (ROCOSO O SUAVE) | Agregar elementos de diseño para evitar daños en impactos sobre suelo no objetivo |
| M47 | U C | PENETRAR CON CARGA CONTINUA Y CONSTANTE | Agregar elementos de diseño para penetrar continua y constantemente |
| M48 | C | CONTROLAR O ELIMINAR EL MOMENTO DE FLEXIÓN EN LAS GUÍAS DE PENETRACIÓN | Agregar elementos de diseño para controlar la flexión durante la penetración |
| M49 | C | SOPORTAR CARGAS MÁXIMAS DE PANDEO | Agregar elementos de diseño para soportar cargas de posible pandeo |
| M50 | C | MANTENER POSICIÓN VERTICAL | Agregar elementos de diseño para permitir una penetración constantemente vertical |
| M51 | C | RESISTENCIA SATISFACTORIA DEL EQUIPO | Agregar elementos de diseño para lograr la durabilidad necesaria |
| M52 | U C | NO ALTERAR ESTABILIDAD DEL B/O | Seguir la directriz de no alterar la estabilidad del B/O |
| M54 | C | RETENCIÓN DE SEDIMENTO MÁXIMA | Agregar elementos de diseño para lograr la retención máxima |
| M55 | C | DAÑO NULO AL GOLPEAR CON EL B/O | Seguir la directriz de no daño al golpear con b/O |
| M57 | C | VOLUMEN DE MUESTRA SUFICIENTE | Agregar elementos de diseño para lograr el tamaño necesario de muestra |
| M59 | C | TOLERAR EFECTOS DE OLEAJE | Agregar elementos de diseño para evitar los efectos del oleaje |
| M60 | C | TOLERAR EFECTOS DE TORSIÓN | Agregar elementos de diseño para evitar los efectos de la torsión en los cables. |

Tabla 2.09 .- Metas de diseño que impactan en la configuración

Esta lista de actividades y metas de diseño permiten seguir configurando el diseño hasta lograr la claridad objetivo. A continuación se muestra el conjunto de actividades de diseño que conforma un programa para resolver la configuración y poder llevarlo a su etapa de detalle. Estas actividades están ordenadas de tal manera que un diseño permite anteceder y dar pie al

siguiente diseño. En resumen, primero se desarrolla la configuración que logre la calidad de muestra, luego el tamaño necesario, luego la configuración que ofrezca la durabilidad, luego el diseño del sistema de retención y así sucesivamente. Una vez conformada la configuración, se aplican las adecuaciones, tales como cambios para facilitar la operación, mejorar el lanzamiento y recuperación. Finalmente se revisan las directrices y si la configuración no cumple, se revisa hasta que empate la meta de diseño con la configuración propuesta.

La ventaja de tener esta lista de los elementos de diseño que tienen que ser agregados es que puede separarse el trabajo entre varios equipos de desarrollo, además de que se tiene una imagen clara y ordenada de cómo un concepto y una configuración inicial (autómata) se transforma, a través de procesos de agregar elementos de diseño, en un dispositivo completo, donde la virtud principal es que el proceso de diseño puede dirigirse y controlarse [Aguirre, 2008].

| ACTIVIDADES DE DISEÑO |
|---|
| Agregar elementos de diseño que permitan obtener la calidad de muestra definida previamente |
| Agregar elementos de diseño para lograr el tamaño necesario de muestra |
| Agregar elementos de diseño para submuestrear |
| Agregar elementos de diseño para penetrar verticalmente |
| Agregar elementos de diseño que permitan alinear la línea de penetración del nucleador con la línea paralela a la gravedad en el punto de penetración |
| Agregar elementos de diseño para lograr la retención máxima |
| Agregar elementos de diseño para lograr la carga de fuerza de penetración necesario |
| Agregar elementos de diseño para permitir una penetración constantemente vertical |
| Agregar elementos de diseño para lograr la durabilidad necesaria |
| Agregar elementos de diseño para soportar cargas de posible pandeo |
| Agregar elementos de diseño para la penetración en el rango de los suelos objetivo. |
| Agregar elementos de diseño para evitar desajustes entre lanzamiento y aterrizaje |
| Agregar elementos de diseño para penetrar continua y constantemente |
| Agregar elementos de diseño para evitar daños en impactos sobre suelo no objetivo |
| Agregar elementos de diseño para evitar los efectos del oleaje |
| Agregar elementos de diseño para controlar la flexión durante la penetración |
| Adecuar para evitar errores y daños durante el armado |
| Agregar elementos de diseño para evitar los efectos de la torsión en los cables. |
| Agregar elementos de diseño para evitar enredos de cables |
| Agregar elementos de diseño para el caso de emergencia |
| Agregar elementos de diseño para disminuir el impacto sobre las cuerdas del barco |
| Agregar elementos de diseño que permitan un desplazamiento relativo grande entre el barco y el nucleador anclado al fondo durante operación |
| Agregar elementos de diseño que provoquen una imagen confiable |
| Agregar elementos de diseño que maximicen la seguridad del personal |

| |
|---|
| Agregar elementos de diseño a configuración definida para evitar extraviar materiales y equipos pertenecientes al sistema |
| Agregar elementos de diseño para facilitar una recuperación |
| Adecuar el diseño para que sea sencillo de abordar al barco y descender |
| Adecuar el diseño para que requiera la menor cantidad de personal |
| Adecuar el diseño al espacio destinado disponible en el B/O |
| |
| ACTIVIDADES DE DISEÑO |
| Adecuar diseño para obtener un proceso seguro de operación |
| Seguir la directriz de menor costo posible |
| Seguir la directriz de las dimensiones |
| Seguir la directriz para que sean apreciables los estados de operación de las piezas |
| Seguir la directriz de que las piezas suministro sean comerciales |
| Seguir la directriz de no alterar la estabilidad del B/O |
| Seguir la directriz de no daño al golpear con b/O |
| Seguir la directriz de menor costo de operación |
| Seguir la directriz de operaciones sencillas y cortas en tiempo |
| Seguir la directriz para que sea lo mas simple de operar |
| Seguir la directriz de la mayor facilidad de operaciones de lanzamiento y recuperación |

Tabla 2.10 Actividades de diseño

2.3.2.7. -DESARROLLO DE PROTOTIPOS

Este trabajo es una propuesta de desarrollo tecnológico su objetivo es dar una línea de qué clase de prototipos realizar aunque es importante aclarar que incluso solamente la generación de un prototipo implica un proceso de diseño completo totalmente a la medida del problema.

Para este trabajo es relevante definir que prototipos deben ser realizados. En el apartado de la función crítica se expresan cinco metas de diseño críticas:

- Maniobrabilidad
- Mantener estabilidad del B/O
- Longitud de penetración
- Lavado del núcleo (Retención de sedimento)
- Calidad de muestra

Estas metas de diseño se definieron como críticas debido a que si alguna de estas no llega a ser satisfecha, el funcionamiento del sistema estará comprometido y no será el esperado.

Debido a la importancia que representa cada uno, todos requieren una validación local y es necesario el diseño y la construcción de un prototipo para determinar si cumplirá las expectativas de la manera esperada. En el caso de que sea un elemento de baja incertidumbre, un estudio o un dato puede ser suficiente. A continuación se analiza cada especificación crítica.

MANIOBRABILIDAD

Una de los retos que se afrontan al desarrollar un Nucleador largo en un B/O mediano a pequeño es que se transforma en mover un conjunto de piezas grandes en un espacio reducido. Para determinar su viabilidad de manejo en el B/O se construyó un prototipo rápido con tubería de PVC sanitario, cintas de escalar y una cuerda de 9 mm. Este prototipo se basó en unir dos tubos de PVC de 4" de diámetro (medida convencional del diámetro de un nucleador) con una estructura triangular de tubos de PVC de 1.5", como se muestra a continuación.



Imagen 2.28 Prototipo de maniobrabilidad (vista lateral)



Imagen 2.29 Prototipo de maniobrabilidad (vista frontal)

El objetivo de este prototipo fue visualizar en un modelo real cuales serían los movimientos necesarios para armarlo y desarmarlo, por lo que el resultado de esta evaluación fue una propuesta de procedimiento de armado y desarmado de componentes del Nucleador, tomando el sistema como un conjunto de unidades, es decir, fraccionar el Tubo principal en piezas maniobrables y ensamblables. Este prototipo de procedimiento se muestra a continuación.

DIAGRAMA DE MANIOBRA PARA OBTENCIÓN DE NÚCLEOS.

El diagrama se aplica sólo para obtener, desarmar y armar el Nucleador para hacer pruebas, no incluye el levantamiento a cubierta ni el resto de operaciones de las maniobras. Debe tomarse en cuenta que es un diagrama conceptual de las maniobras, por lo que los detalles serán resueltos hasta que se detalle completamente el Nucleador.

1.-Una vez colocada la Estructura de carga del nucleador, se asegura la Estructura al B/O.

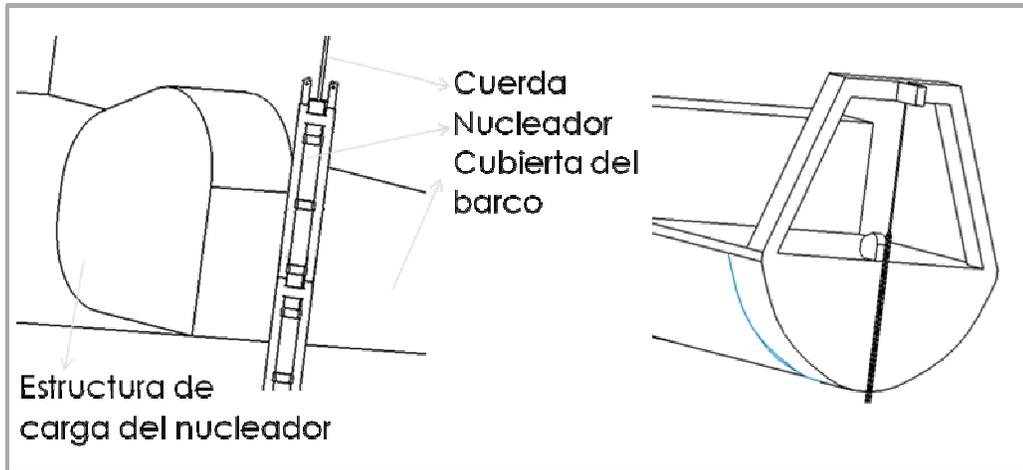


Diagrama 2.28.- Prototipo de maniobrabilidad 1

2.- Levantar un poco el Nucleador hasta que sobrepase un poco la altura de los Coples guías la barra de aseguramiento de la Estructura, de tal modo que al colocar los aseguradores queden flojos.

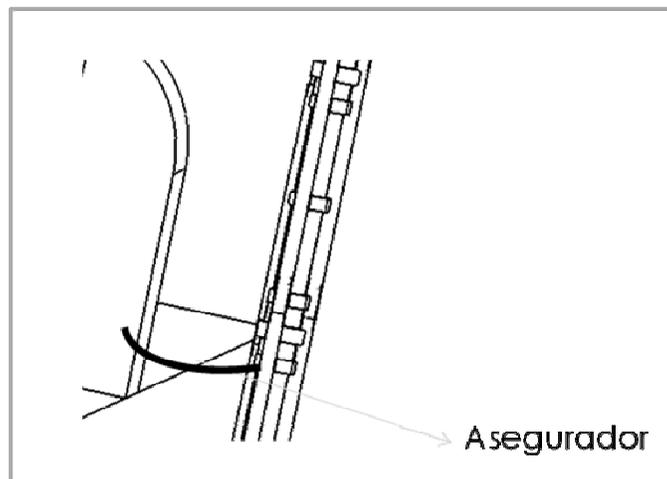


Diagrama 2.29.- Prototipo de maniobrabilidad 2

3.- Descender suavemente el nucleador hasta que todo el peso lo cargue la Estructura a través del Asegurador y el nucleador se recargue cerca de la pared del B/O.

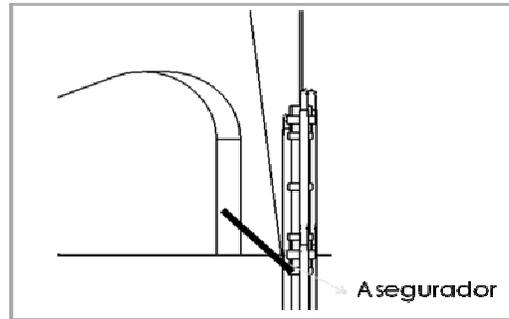


Diagrama 2.30.- Prototipo de maniobrabilidad 3

4.- Una vez que todo el peso del Nucleador ha quedado soportado por la Estructura, sostener con el cable del Wrenche la Camisa triangular del nucleador.

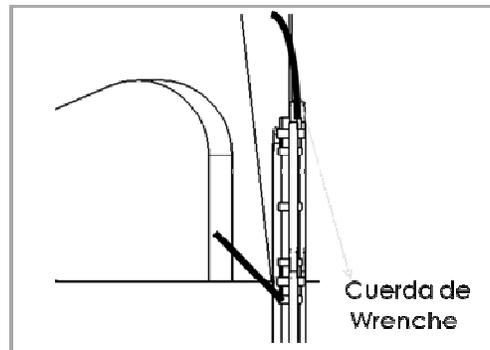


Diagrama 2.31.- Prototipo de maniobrabilidad 4

5.- Retirar los Pernos de seguridad de la Camisa triangular y el Cople semirígido de la parte superior del nucleador, no la inferior, esa se retira en la siguiente etapa.

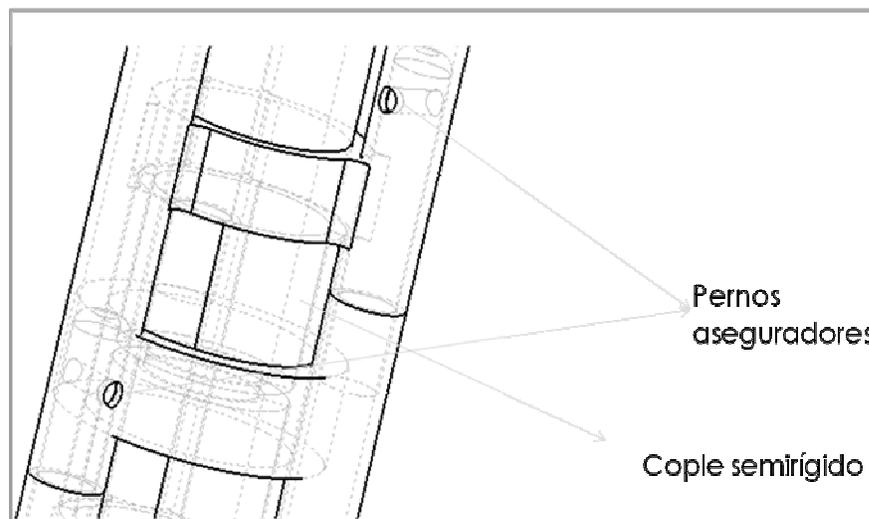


Diagrama 2.32.- Prototipo de maniobrabilidad 5

6.- Sostener el Núcleo y al mismo tiempo elevar suavemente la Camisa. Dos personas sostendrán el Núcleo mientras un persona moverá la Camisa conforme vaya saliendo. Una vez que sea retirada, esta persona la llevara al lugar donde se guardará, ya que el peso será aproximadamente de 19 kg, y si es demasiado para esta persona, podrá ocupar el apoyo de alguien más.

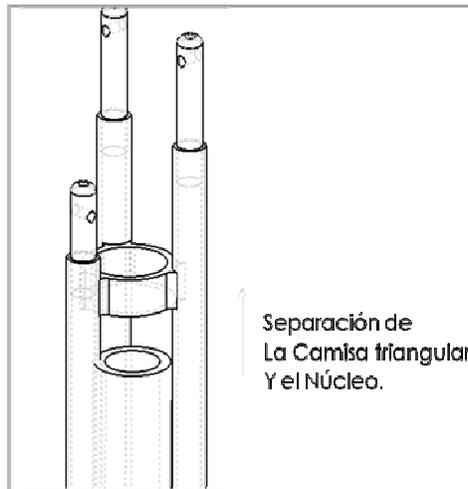


Diagrama 2.33.- Prototipo de maniobrabilidad 6

7.- Una vez retirada la Camisa triangular, cerrar la parte superior del Núcleo con los tapones de guarda.

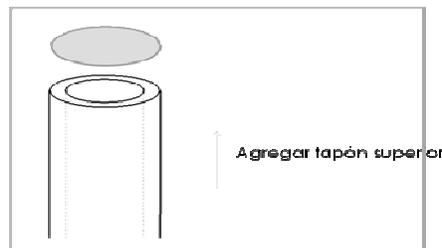


Diagrama 2.34.- Prototipo de maniobrabilidad 7

8.- Retirar el Cople semirígido inferior procurando no mover el Núcleo

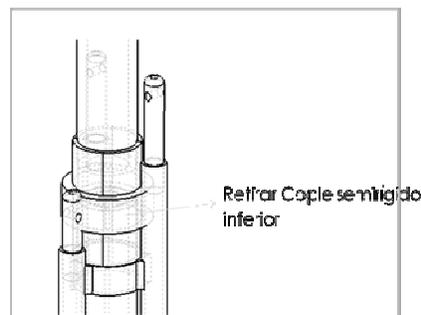


Diagrama 2.35.- Prototipo de maniobrabilidad 8

9.- Agregar tapón inferior.

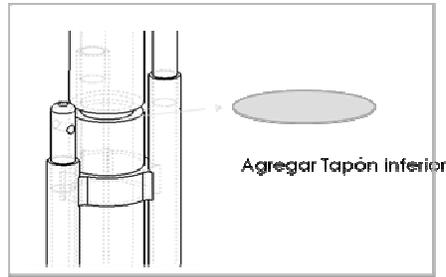


Diagrama 2.36.- Prototipo de maniobrabilidad 9

10.- Retirar Núcleo y acomodar en su posición de guarda.

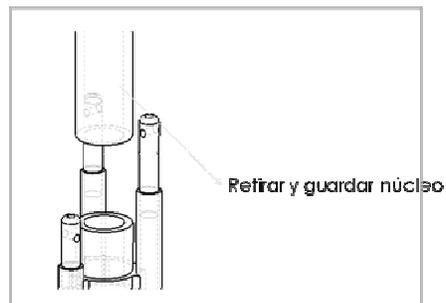


Diagrama 2.37.- Prototipo de maniobrabilidad 10

11.- Enganchar el Nucleador con el Wrenche y subirlo hasta que se libere la carga del Asegurador. Retirar el Asegurador, elevar el Nucleador hasta que quede en la posición establecida en el paso 1 y se repite el proceso.

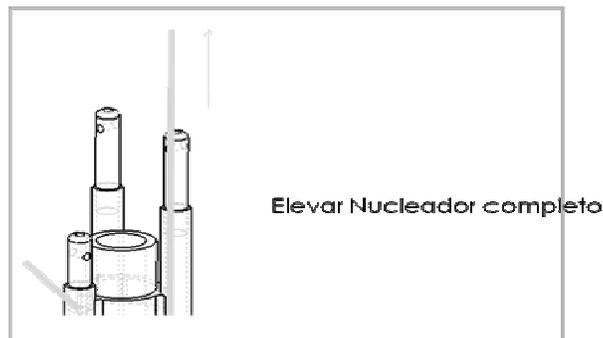


Diagrama 2.38.- Prototipo de maniobrabilidad 11

MANTENER ESTABILIDAD DEL B/O

Para lograr esta meta, se realiza un estudio de estabilidad del buque oceanográfico en el que se vaya a instalar el diseño mediante los procedimientos de cálculo establecidos, o de ser necesario, se realiza un modelo a escala y se prueba en un simulador de olas. Mediante esta evaluación se determina a escala la carga máxima que puede utilizar el B/O sin provocar alguna alteración severa a la estabilidad.

LONGITUD DE PENETRACIÓN

Esta es una meta obligatoria y lineal, es decir, tiene que penetrar y entre más profundo llegue, mejor será el diseño. Los prototipos que se desarrollaron en la sección de concepto, permiten determinar que la penetración es posible, ahora falta desarrollar una prueba que nos permita saber cuánto. Para poder evaluar, es necesario desarrollar un prototipo de escala real para probarlo en el B/O durante una campaña de inspección, y determinar cuál es la profundidad máxima que se logra penetrar con este concepto.

Otra manera de evaluarlo es generar un modelo físico-matemático que permita estimar la carga necesaria para penetrar un suelo marino. Este método es más complejo en el aspecto técnico, y además requiere una validación entre el modelo y la realidad, por lo que ambos se complementan.

LAVADO DEL NÚCLEO (RETENCIÓN DEL SEDIMENTO)

La retención de la muestra de sedimento dentro del Nucleador es vital para realizar el muestreo. En específico, esta meta se puede evaluar diseñando un concepto que permita retener el sedimento una vez que ha sido introducido en el Nucleador, que incluya las características de operación, y posteriormente generar un prototipo que permita estudiar el fenómeno y hallar una solución de diseño.

CALIDAD DE MUESTRA

La calidad de muestra es una meta en concreto a lograr, por lo que es importante que antes de hacer propuestas de Nucleación, se defina cual es la calidad mínima que se requiere. Esto significa que lo primero que se tiene que hacer es definir las características físicas, químicas y biológicas que debe haber entre el sedimento original en el lecho marino y la muestra que se obtenga. Una vez definidas, se emplean los diseños validados de la Retención de núcleo, Penetración y, de ser necesario, de Maniobrabilidad. Se combinan estos elementos del diseño en un prototipo que permita estudiar el proceso de muestrear y en un ambiente controlado, realizar las pruebas hasta determinar en que medida esta unión de elementos de diseño afecta la calidad de muestra, y así corregir los factores que la alteren o exaltar los que la mejoren, hasta lograr un diseño con toda la información necesaria para obtener muestras de alta calidad en una campaña real.

2.3.2.8.- VALIDACIÓN GENERAL

Este apartado se refiere a la evaluación del diseño completo y busca el funcionamiento del sistema como un todo será adecuado cuando sea terminado. La validación general incluye la validación local de los elementos que la requieran y la validación global del sistema funcionando como un conjunto. Una vez aprobada esta etapa, se puede considerar que el diseño está listo y sólo es necesario afinar o cubrir los detalles restantes.

En esta propuesta se establece que la validación debe ser realizada conforme al diagrama anterior para cada uno de las configuraciones realizadas y, en especial, para los prototipos de las especificaciones críticas.

2.3.2.9.-INGENIERÍA DE DETALLE

En esta etapa se resuelven todos los detalles finales del diseño, con tal de convertirlo en un sistema totalmente terminado y el siguiente diagrama es una referencia.

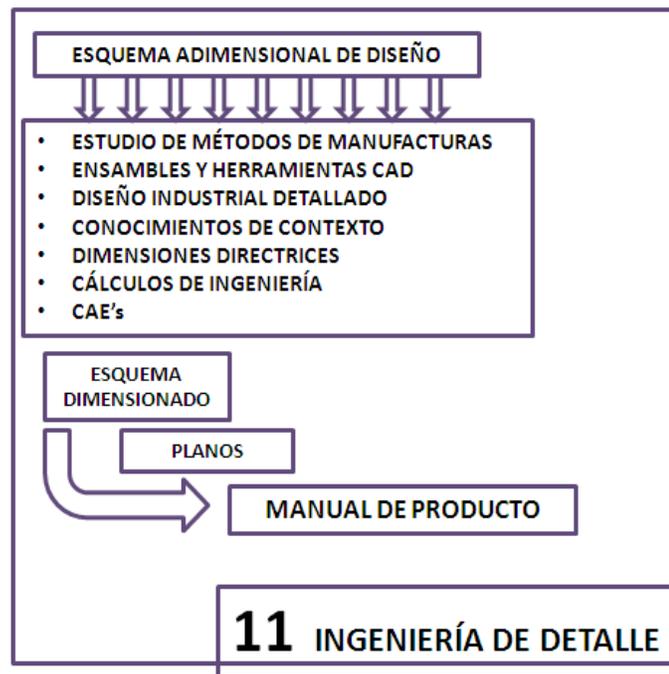


Diagrama 2.39 Ingeniería de detalle

Una vez que se ha demostrado que las funciones críticas funcionan en campo y se han desarrollado las configuraciones específicas de cada meta de diseño, se procede a llenar todos los detalles necesarios. En el presente trabajo, esta etapa no se desarrolla debido a que depende de los resultados que se obtienen en las etapas anteriores, pero si se establecen las actividades que resuelven algunas metas de diseño en esta etapa.

METAS QUE IMPACTAN EN EL DISEÑO DETALLADO

En esta etapa se concluyen los detalles pendientes de las etapas anteriores y se desarrollan las metas de diseño faltantes, y estas son:

| DETALLE | | |
|------------------|----------------|---|
| DIRECTRIZ O META | IND, CONF, USO | METAS DE DISEÑO |
| M1 | I | ACOMODAR TUBOS AL EMBARCAR |
| M2 | I | ACOMODAR TUBOS QUE SOBRAN |
| M3 | I | PROCESAR CON TUBOS QUE SOBRAN |
| M4 | U | DEFINIR QUE HERRAMIENTAS DE TRABAJO SE REQUIEREN POR ETAPA |
| M5 | U | DEFINIR EFECTOS EXTREMOS |
| M6 | U | IDENTIFICAR CAUSAS DE EFECTOS EXTREMOS |
| M7 | U | DETERMINAR COMO PREVENIR EFECTOS EXTREMOS |
| M9 | U | DETERMINAR RANGOS CLIMÁTICOS DE OPERACIÓN |
| D10 | U C | PROCESO SEGURO DE OPERACIÓN EN MAL TIEMPO |
| M11 | U | REVISAR ANTES DE LANZAR EQUIPO |
| M12 | U C | RESOLVER UNA FALLA DE LA CUERDA PARA EVITAR LA PÉRDIDA |
| M13 | U C | SUBMUESTREAR |
| M14 | U | IDENTIFICAR TODA LA INFORMACIÓN PERTINENTE POR NÚCLEO |
| M15 | U | IDENTIFICAR UN ÁREA DE ALMACENAJE |
| M16 | U | ALMACENAR |
| M19 | U C | IDENTIFICAR ESTADO DE PIEZAS-SUMINISTRO |
| D21 | U C | SENCILLO DE ABORDAR AL BARCO Y DESCENDER |
| D22 | U C | MÍNIMO PERSONAL |
| M24 | U C | PODER USARLO "CUALQUIER" PERSONA |
| M25 | U C | NO ESTORBAR A LOS DEMAS EQUIPOS |
| D27 | U C | UTILIZAR EL MENOR TIEMPO POSIBLE EN TODAS LAS ÁREAS NECESARIAS (GUARDAR, MUES |
| D28 | U | OSCILACIÓN DURANTE PREPARACIÓN PARA MUESTREAR MÍNIMA |
| D29 | U C | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO EN CASO DE EMERGENCIA |
| D30 | U C | DAÑO MÍNIMO A CUERDAS DEL BARCO DURANTE OPERACIÓN NORMAL |
| D31 | U C | MANIOBRABILIDAD SIMPLE DE LINEA DE MAR A CUBIERTA Y VICEVERSA |
| M32 | U C | EVITAR PÉRDIDA TOTAL EN ALTA MAR |
| D33 | U C | ATAQUE VERTICAL |
| M36 | U C | DEFINIR CUAL ES LA CALIDAD DE MUESTRA |
| M47 | U C | PENETRAR CON CARGA CONTINUA Y CONSTANTE |
| M52 | U C | NO ALTERAR ESTABILIDAD DEL B/O |
| M53 | U | PLANEAR POSIBLES FALLAS Y ACCIONES |
| M56 | U | ESPECIFICAR COMO SE PUEDEN ACONDICIONAR LOS NÚCLEOS |
| M58 | U | ASEGURAR CALIDAD AL OBTENER MUESTRA |

Tabla 2.11.- Metas que se resuelven en el diseño detallado

Estas metas de diseño se resuelven una vez que se desarrolla la configuración.

ACTIVIDADES DEL DISEÑO DETALLADO

Esta es prácticamente la última etapa del proceso de diseñar, ya que es el último momento para tomar decisiones en cuanto a la forma y tamaño de las piezas del diseño. Esta etapa debe resolver lo siguiente:

- Dibujo detallado de todas las piezas que lo comprenden
- Estudio de rutas probables de manufactura de cada pieza
- Estudio de requerimientos de ensamble
- Análisis de comportamiento físico de elementos sometidos a alguna clase de efecto que tienda a alterar su funcionalidad (cargas estructurales, corrosión, sobrepresión, etc.)
- Procedimientos propuestos de operación
- Estudios pertinentes para operación

Una vez que se obtiene esta información para cada pieza, se procede a ensamblar un manual del proyecto, en el que se establece todo lo concerniente a la construcción de un nucleador largo.

ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN INICIAL

Para validar la configuración inicial, se realizó un análisis previo con un software de elemento finito denominado Cosmos. A continuación se muestra el modelo de la configuración del nucleador

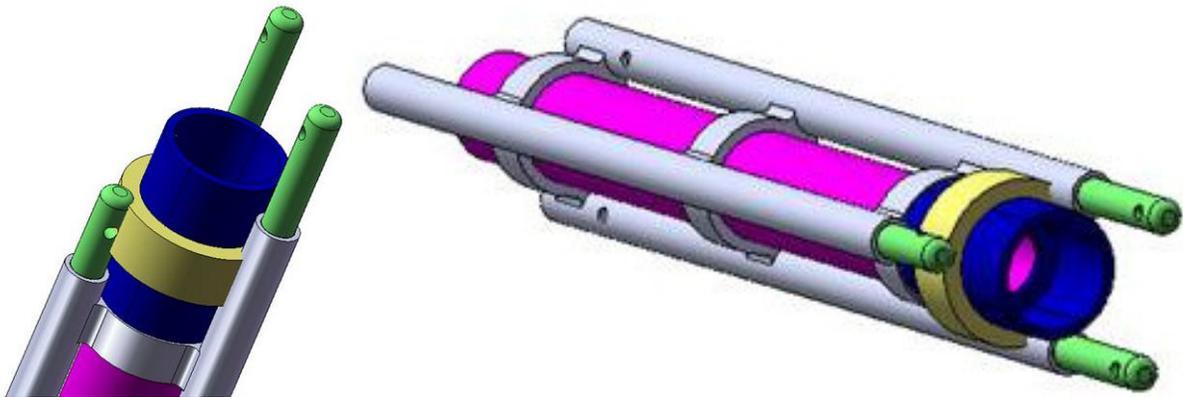


Imagen 2.30 Configuración detallada

Al ser analizado este modelo se fue el que mostró un mejor desempeño, debido a que se utilizó el principio de flexión para buscar la manera de obtener un radio de giro mayor en el perfil estructural del nucleador. Esta configuración triangular es de mayor resistencia y estabilidad que la configuración circular. Para efectos de comparación se muestran a continuación los resultados de los análisis con el método del elemento finito, que sólo son para comparar el desempeño entre ambas configuraciones

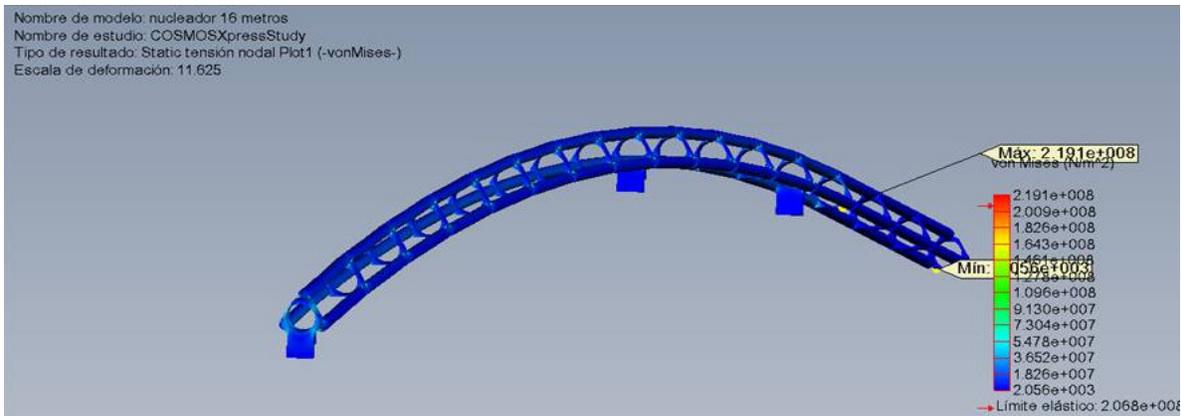


Imagen 2.31 Resultados de esfuerzo de la configuración triangular

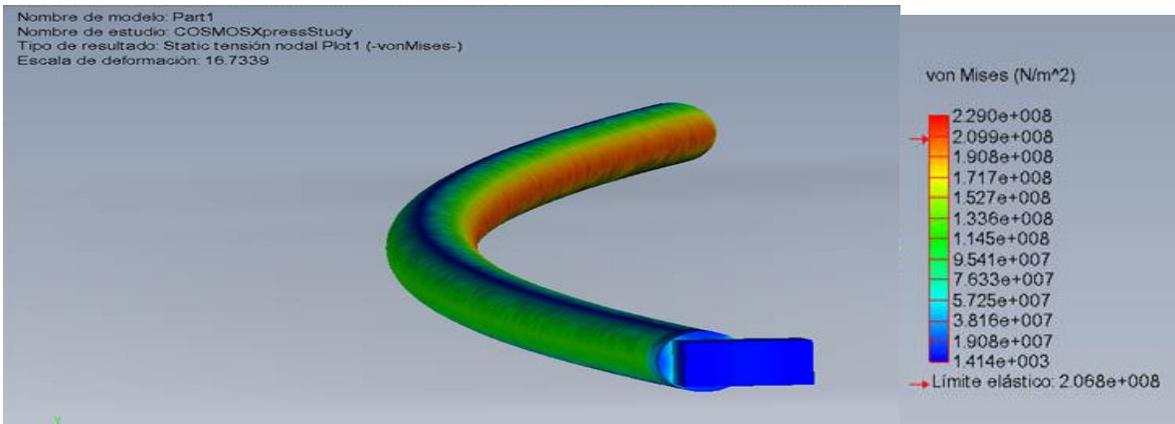


Imagen 2.32 Resultados de esfuerzo de la configuración circular

Para obtener el estimado de carga real es necesario profundizar en el detalle del modelo, tanto en longitud, como en configuración de masa de carga, por lo que el resultado final de capacidad de carga se resolverá cuando se retome el proyecto.

IMPLANTACIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UN NUCLEADOR LARGO.

Para implantar exitosamente este desarrollo tecnológico, es necesario continuar las etapas previamente establecidas, aunque ahora la ventaja es que el trabajo es que ha quedado establecida con claridad la programación de actividades y los recursos necesarios para su desarrollo, en otras palabras, se ha realizado un anteproyecto que se expresa en el capítulo de resultados.

REFERENCIAS

1.-Gómez E. Senent, *Las fases del proyecto y su metodología*, Primera edición, 1992, Universidad Politécnica de Valencia. Reimpreso por Instituto Politécnico Nacional, 1998. pp 23

2.-Ruiz Leopoldo, *Apuntes de la clase "diseño y construcción de prototipos"*, 2008-2, posgrado de ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

3.-Larry Leyfer, *Apuntes de la clase "ME310 entrepreneurship design 2007-2008"* maestría en diseño mecánico, Universidad de Stanford, Estados Unidos de América, clases en línea.

4.- Hatamura Y., *The practice of machine design*, Clarendon Press Oxford, 1999.

5.- Ramírez Reivich A., *Apuntes de la clase "diseño colaborativo"*, 2008-2, posgrado en ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

6.- Aguirre E. G., *Apuntes de la clase "dirección y control de los procesos de diseño e innovación"*, 2008-1, posgrado en Ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

7.- Aguirre E. G., *Evaluation of technical systems at the design stage*, Tesis doctoral, Selwyn College Cambridge, University of Cambridge, 1990.

1.-Aguirre E. G., *Apuntes de la clase "dirección y control de los procesos de diseño e innovación"*, 2008-1, posgrado en Ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

2.-U.S. Naval Oceanographic Office, *Instruction Manual for Obtaining Oceanographic Data*, 1968, tercera edición.

3.-<http://www.buques.unam.mx/> página oficial de los buques oceanográficos de la UNAM.

4.-<http://www-odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn31/apcm/apcm.htm> página oficial de la ODP, Ocean Drilling Program, United States Implement Organization.

5.- <http://www.institut-polaire.fr/> pagina oficial del Instituto polar Francés.

6.- <http://www.whoi.edu/page.do?pid=8496>, página oficial del Woods Hole Oceanographic Institute

7.-Campaña Tehua V, feb 2008

8.-Pashoal Rossetti, J. *Introducción a la economía*, 200e, ed. Alfaomega, pp. 175-203, 3° edición.

9.-Entrevista, investigadora M. en C. Bárbara Rodríguez, ICMYL, 25 marzo de 2008. Problemas concernientes a un nucleador largo.

10.- <http://www.whoi.edu/oceanus/viewArticle.do?id=26407> página Oceanus, Tha magazine (chechar dato) detalles de nucleador largo

11.- Gómez E. Senent, *Las fases del proyecto y su metodología*, Primera edición, 1992, Uiversidad Politécnica de Valencia. Reimpreso por Instituto Politécnico Nacional, 1998

12.-IDEO, *The power of design*, Bussines Week Magazine.

13.-Libro mecánica de suelos.

14.-White, C., *Mecánica de fluidos*, ed. Limusa, 1987, 8 edición.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

Un diseño es establecer una manera de hacer algo.

3.1.- INTRODUCCIÓN

En este capítulo serán presentados, a modo de apartados, los resultados que se obtuvieron en esta propuesta de desarrollo tecnológico de un Nucleador largo.

3.2.- UN PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO QUE PUEDE SER REALIZADO DE MANERA CONCURRENTE

Un proyecto de desarrollo tecnológico es un conjunto de proyectos, estudios, técnicas y demás que permiten generar una nueva manera de realizar alguna actividad relevante. Cuando se desarrolla tecnología se deben tomar en cuenta una gran cantidad de factores técnicos, económicos, sociales, políticos, culturales y contextuales, debido a que un desarrollo tecnológico implica un cambio en la realización de dicha actividad

En el presente trabajo, se busca desarrollar una nueva tecnología de Nucleador largo para ser instalado en los buques oceanográficos pequeños a medianos. El desarrollo solamente de un Nucleador no es un desarrollo tecnológico, debido a que construir un equipo no significa implantarlo, ya que su instalación implica tanto la adaptación del sistema, así como capacitación y procedimientos requeridos.

Se obtiene que el proceso de diseño en ocasiones no permite una visión general del problema, que en este caso, no solo es hacer un nuevo Nucleador, sino instalarlo en un buque oceanográfico. Uno de los resultados de este trabajo es que al abordarse un análisis extenso de las especificaciones se logra tener una visión más amplia de lo que se requiere en la realidad, y por lo tanto, esta visión permite no sólo el desarrollo de un Nucleador nuevo, sino también de las herramientas que necesita alrededor. Esto se manifiesta en metas de diseño como la de **IDENTIFICAR UN ÁREA DE ALMACENAJE**, que muestra que el diseño del Nucleador es independiente de la zona donde será almacenado, lo único que hay que hacer es que las dimensiones no excedan la capacidad del buque, pero al incluir esta meta se establece que hay que hallar dentro del buque un lugar para el diseño. Esto arroja no solo una inspección, sino también la generación de un procedimiento para almacenaje. Tradicionalmente esta clase de "especificaciones de uso independientes del diseño" se resuelven una vez que se implanta el diseño y arroja la necesidad que se busca cubrir.

Con el estudio que se realiza de las especificaciones en este trabajo, permite obtener una visión más clara no solo del diseño en cuestión, sino de su entorno. Esto ayuda a complementar el diseño de un sistema técnico, con el desarrollo de los elementos necesarios para su óptimo desempeño en campo.

3.3.-METODOLOGÍA: INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍAS

En el presente trabajo no se presenta una metodología nueva, sino se basa en el uso de los conceptos y herramientas de las metodologías que el autor conoce.

Esta integración permite utilizar las ventajas de unas más las ventajas de otras, que al combinarse ofrecen resultados más satisfactorios que si son utilizadas por separado, que cabe aclarar que se utilizan combinaciones porque parecen más adecuadas para el contexto del proyecto que si se emplean las metodologías puras. Además que hay metodologías puras que pueden obtener los mismos o mejores resultados que la combinación manifestada en el presente trabajo, por lo que es importante establecer que la calidad del uso de las metodologías no depende de la metodología misma sino de la pericia del diseñador.

3.4.- ENTENDIMIENTO DEL USUARIO

Mediante la aplicación de las metodologías utilizando entrevistas, trabajo de campo, apoyo personal, preguntas y lecturas, se logró entender las expectativas del usuario y pudo ser convertida en una configuración sólida. Esto significa que se ha definido con gran claridad cada una de las partes que integrarán el diseño.

3.5.- METAS DE DISEÑO

Se lograron identificar 60 metas de diseño que reflejan la realidad del desarrollo tecnológico que se busca implantar en un buque oceanográfico. Estas fueron clasificadas y ordenadas con diversos criterios para facilitar su aplicación.

3.6.- COMO DESARROLLAR CADA META DE DISEÑO

En la sección de diseño conceptual se establece de qué manera puede ser solucionada cada una de las metas de diseño al aplicarse al sistema, evitando así la ambigüedad de una especificación sin una manera de identificar si ha sido instalada o no para complementar este desarrollo tecnológico. Las metas de diseño que no tienen una manera de realizarse se debe a que son metas directrices y su satisfacción depende del grado con el que se busque lograr, además de que generalmente no son mensurables o definibles sin criterios contextuales que se identifican en el momento de enfrentarse al problema en específico. Por ejemplo, la meta de diseño DAÑO MÍNIMO A LAS CUERDAS DEL BARCO DURANTE LA OPERACIÓN es una directriz y se aplica para todas las cuerdas y en todas las situación que ocupen cuerdas del barco, es decir, esta directriz invita a disminuir la carga del dispositivo, las operaciones de tensión y descarga, el manejo al retirarle del mar, y conforme se analice de diversos enfoques, se halla una manera de satisfacer esta meta.

3.7.- METAS DE DISEÑO CRÍTICAS

Se definieron las metas de diseño que le darán la forma básica al Nucleador y estas son:

- Longitud de penetración
- Lavado del núcleo
- Calidad de muestra
- Mantener estabilidad del B/O
- Maniobrabilidad:

La manera de desarrollar la siguiente parte del sistema se hace encontrando la configuración que, utilizando la establecida en el capítulo tercero, logre la **longitud de penetración** máxima. Luego, adaptar los sistemas de retención que evitan el **lavado del núcleo**, y funcionen bajo las condiciones de penetración. Posteriormente, evaluar la **calidad de muestra** que genera la combinación de ambos elementos de diseño. Con las adaptaciones necesarias para lograr la calidad, se procede a estudiar que las cargas que se manejan no alteren la **estabilidad del B/O**. finalmente, se busca la **maniobrabilidad** suficiente para que el personal a cargo opere el equipo.

Una vez que se logran estas metas de diseño críticas, se puede decir que el sistema cumple la función principal para la que ha sido diseñado, y es entonces que se pueden agregar las demás especificaciones con el objetivo de aumentar su funcionalidad, disminuir su costo o lo que la misma especificación pida.

3.8.-EL CONCEPTO DE DISEÑO Y LA CONFIGURACIÓN DE ARRANQUE

En el capítulo segundo se define como se desarrolló el concepto y la configuración de arranque y el resultado es un concepto estructurado que garantiza su funcionamiento a cualquier escala, una vez que se determinen y corrijan los aspectos propios del cambio de tamaños. Este concepto se denomina Nucleación por tensión.

3.9.- PROCEDIMIENTO DE MANIOBRABILIDAD

Se propone una manera de diseñar el Nucleador que hace muy sencilla su maniobrabilidad, y es una propuesta que debe ser sometida al análisis de la calidad que produce antes de ser aplicado al diseño final.

3.10.- PROGRAMA DE TRABAJO

El resultado más importante es un plan de trabajo que permite establecer desde la estructura organizacional hasta el manejo de recursos para resolver exitosamente este proyecto, por lo que se muestran: Actividades pendientes, recursos humanos necesarios y tiempo estimado de entrega. Las actividades

han sido establecidas en el orden pertinente, a partir de las más importantes que requieren ser resueltas para definir el resto.

- **Nuc-001 Obtener calidad de muestra**

- Realizar las pruebas pertinentes para determinar:
 - El tipo de material que no interactúa con la muestra de lodo marino (tomar en cuenta los efectos magnéticos si se desea hacer análisis de permeabilidad in situ)
 - La inclinación máxima permisible (no debe sobrepasar tres grados (5°) pues el concepto es autoalineable debido a la contracarga del cabezal de tensión por flotación, por lo que debe calcularse el volumen de flotación para minimizar la inclinación por contracción entre poleas
- La calidad de muestra se define como la diferencia entre la composición química de la muestra en suelo marino y entregada en laboratorio, y como el desplazamiento entre las partículas de la muestra entre la posición original en suelo marino y la posición final al entregar a laboratorio. Es decir, la calidad de la muestra se define como el cambio químico y mecánico de la muestra, y a menor cambio es mayor la calidad de muestra
- Una vez realizadas las pruebas y obtenido los resultados, agregar los elementos de diseño para permitir una repetibilidad en todos los muestreos que se realicen a futuro.
- Se estima la participación de 3 personas:
 - 2 Ingenieros de diseño mecánico,
 - Desarrollo de las pruebas y apoyo en barco
 - Biólogo experto en evaluación de núcleos
 - Análisis de la calidad de las muestras obtenidas, apoyo en barco, habilidades de buceo.
- Se estiman de 4 a 8 semanas de conclusión. Se recomienda muestrear durante B/O atracado y a baja profundidad para inspeccionar el suelo marino por buceo y corroborar congruencia entre muestra y suelo marino.

- **Nuc-002 Tamaño necesario de muestra**

- El tamaño de muestra se ha definido como un cilindro de 10 cm de diámetro y de la longitud mayor posible obtenible. En este caso debe ser desarrollada una prueba para determinar cuál es la máxima capacidad de penetración del concepto desarrollado en este momento. Es decir, a partir de la carga máxima segura de elevación de los cabestrantes del B/O EL Puma, determinar cuál es el máximo efecto de penetración sobre los suelos objeto de estudio. El suelo limo-arcilloso es el que ofrece las mayores posibilidades de longitud de penetración. Teóricamente, por el esfuerzo de un material tixotrópico, como lo es el suelo limoso-arcilloso, la penetración será infinita, y el único factor que lo detiene en realidad es el peso de la muestra durante la retracción

y la fuerza de fricción en las paredes durante la penetración, por lo que dichas fuerzas deben ser evaluadas y diseñar en función de las capacidades logradas.

- Se recomienda una prueba de penetración en campo bajo cargas máximas y con esto definir parámetros generales, tales como peso de carga y longitud del nucleador. No se recomienda un análisis de medios continuos para determinar la carga de penetración, debido a la inmensa variabilidad del fondo marino y que el diseño está limitado a las características de B/O, por lo que es recomendable utilizar las máximas capacidades y deducir para posteriormente intentar las validaciones de medios determinados con métodos teóricos.
- Se estima la participación de 2 personas:
 - 2 Ingeniero de diseño mecánico,
 - Desarrollo de las pruebas y apoyo en barco
- Se estiman de 6 a 8 semanas de conclusión.
- Se recomienda probar durante una campaña normal, sólo como evaluación de prototipo de carga.
- **Nuc-003 Submuestrear**
 - Durante un crucero oceanográfico es importante obtener núcleos de alta calidad y al primer intento, debido a que regresar a un punto anterior a re-muestrear, se convierte en una solución de alto costo. Es entonces que es preferible tomar más tiempo y muestrear dos veces y corroborar. Para lograr este fin, se debe agregar elementos de diseño que permitan evaluar una muestra una vez obtenida del fondo del mar, en el instante posterior a su colocación en B/O. Se recomienda que uno de los cilindros de muestreo cuente con una ventana o algún dispositivo, que le permita al investigador verificar que ha obtenido lodo y no solo agua.
 - 1 ingeniero de diseño mecánico
 - 2 a 3 semanas
- **Nuc-004 retención máxima**
 - Diseñar la nariz del nucleador que permita una penetración continua en el medio sin alterar la calidad de muestra, y que durante la retracción del nucleador actúe y evite el lavado del núcleo.
 - Se recomienda validar en laboratorio con lodo de características similares al lodo marino.
 - 2 ingenieros de diseño mecánico
 - 6 a 8 semanas (incluidas pruebas de validación)
- **Nuc-005 penetración constante vertical**
 - Determinar los diámetros de poleas, la velocidad de retracción y penetración y las posiciones de los puntos de transmisión de carga de las poleas.

- 2 ingenieros de diseño mecánico
 - 3 a 4 semanas
- **Nuc-006 durabilidad necesaria**
 - Determinar el periodo de vida del nucleador y analizar las posibles causas de falla, para:
 - Diseñar la estructura y los elementos de carga de modo que soporten el uso cotidiano
 - 1 ingeniero de diseño mecánico
 - 1 a 2 semanas
- **Nuc-007 soportar cargas de posible pandeo**
 - Estudiar la estructura y el concepto y determinar las características para evitar el pandeo durante la penetración y el posible ataque sobre suelo no arcilloso ni limoso, incluso, para el rocoso.
 - 1 ingeniero de diseño mecánico
 - 2 a 3 semanas
- **Nuc-008 penetración en el rango de los suelos objetivo**
 - El diseño se ha enfocado a la penetración de suelos limosos arcillosos, aunque existe una variación muy amplia entre su resistencia a la penetración, por lo que es necesario definir los rangos de composición de suelo a penetrar y establecer una carta con rangos de trabajo.
 - A partir de los valores máximos de resistencia a la penetración por ataque acelerado, diseñar la nariz de penetración de suelo.
 - 1 biólogo y 1 ingeniero mecánico
 - 2 a 3 semanas
- **Nuc-009 evitar desajustes entre lanzamiento y aterrizaje**
 - Diseñar un sistema que permita maximizar la confiabilidad del nucleador y que evite cualquier alteración entre la calibración en superficie y el ataque en suelo marino. Es muy común en equipos de ataque, que llevan sistemas de almacenamiento de energía potencial, por vibraciones ajenas, actúen en camino y no cumplan su función.
 - Se recomienda hacer pruebas con equipos a escala con la función crítica caracterizada por este objetivo y durante una campaña con objetivos compartidos para disminuir costos.
 - 2 ingenieros de diseño mecánico.
 - 4 a 5 semanas
- **Nuc-010 penetrar continua y constantemente**
 - El sistema utiliza 2 poleas, por lo que hay que diseñar la razón de diámetros y el arreglo para obtener la configuración en realidad
 - Evaluar el diseño calculado en campo para determinar la velocidad de penetración y la variación de velocidad.
 - 2 ingenieros de diseño mecánico
 - 3 a 4 semanas

- **Nuc-011 evitar daños por impactos sobre suelo no objetivo**
 - Cuando se realizan los muestreos, hay posibilidad de que el radar detecte suelo objetivo y que por la deriva del barco o por la poca profundidad del estrato objetivo o por oscilación de la cuerda, el nucleador ataque en suelo rígido (arena o roca), por lo que debe diseñarse un frente de ataque (tipo carnero automotriz con amortiguación) que absorba el impacto y no lo dejé sólo a cargo de la nariz de penetración (lo que disminuiría su duración o la destruiría en un impacto fuerte)
 - Se recomienda agregar una base de ataque que además puede almacenar la masa de fuerza. Puede incluirse un principio de pistón de amortiguación colocando un arreglo que se llene de agua durante el trayecto hasta el suelo y que durante el impacto, force al líquido a salir por un agujero pequeño absorbiendo el impacto
 - 1 ingeniero de diseño mecánico
 - 4 a 6 semanas
- **Nuc-012 evitar los efectos del oleaje**
 - Existe un efecto de subir y bajar del barco debido a la oscilación de la flotación del barco más las ondas superficiales de la corriente marina (olas). Este efecto no se considera dañino durante las etapas de muestreo, a excepción de la etapa de penetración. Mientras penetra el nucleador, se tiene una tensión en la cuerda de transmisión, y con el movimiento descrito será alterada la tensión de la cuerda, por lo que debe analizarse que tan grande es la oscilación permisible y cuáles son los rangos de operación, es decir, cual es la máxima amplitud de ola tolerable durante el muestreo sin daño al sistema de penetración ni alteración a la calidad de muestra.
 - 2 ingenieros de diseño mecánico
 - 3 a 4 semanas.
- **Nuc-013 controlar la flexión durante la penetración**
 - Durante la penetración el nucleador actúa como una columna empotrada de un lado y articulada del otro (punto de presión). Para minimizar el efecto de pandeo, se propone un flotador que provoque una carga en dirección contraria a la gravedad. Este flotador agregará una restricción tipo corredera (de baja eficiencia) que disminuirá el efecto de pandeo. Tomando en cuenta que el único factor que detiene el avance del nucleador es la fricción del suelo limoso arcilloso, el flotador debe ser suficiente para mitigar un buen porcentaje del pandeo, pero debe ser evaluado en cuanto y diseñarse un sistema para adaptarlo.
 - 2 ingenieros de diseño mecánico.
 - 3 a 4 semanas.
- **Nuc-014 evitar errores y daños durante el armado**

- El dispositivo debe ser diseñado de manera que sea muy sencilla la puesta a punto en superficie, ya que generalmente gente no especializada operará el equipo sin una capacitación extensa previa.
 - 1 ingenieros de diseño mecánico
 - 2 a 3 semanas.
- **Nuc-015 evitar los efectos de la torsión en los cables, tales como enredos de cable**
 - Durante y después del ataque de penetración, se liberan los cables, y debido a giros, se almacena energía y al perder toda carga de trabajo, se enroscan haciendo "cocas". Esto genera un problema si al tensionar los cables, estos están en posición que altere el libre flujo de guía, por lo que debe ser diseñado un sistema que evite este efecto.
 - 1 ingenieros de diseño mecánico
 - 2 a 3 semanas.
- **Nuc-016 para el caso de emergencia**
 - Durante los muestreos puede haber una emergencia y el equipo pierde línea con el barco, por lo que debe quedarse en el fondo del mar, o en un caso más peligroso, que el equipo se atore de subida en algún punto rocoso y comprometa la seguridad del barco. Lo más seguro es cortar la línea desde la polea de transmisión, pero esto significa terminar todas las operaciones que requieren este equipo durante la campaña. Este problema no es muy común, pero es necesario estar preparado, por lo que debe diseñarse un fusible mecánico para permitir la separación sin comprometer ni la seguridad del barco, ni la línea principal del B/O.
 - 1 ingenieros de diseño mecánico
 - 3 a 4 semanas
- **Nuc-017 disminuir el impacto sobre las cuerdas del barco**
 - Un B/O ocupa la línea principal para diversas operaciones. Este diseño utiliza en gran medida la tensión elevada de la línea principal, por lo que debe diseñarse el sistema de transmisión de carga, lo más independiente posible de la línea principal, es decir que la cuerda de transmisión entre poleas no sea la misma que la línea principal. El objetivo de este punto de diseño es enfocarse a generar una unión que permita transmitir carga, independizar de línea principal y garantizar seguridad.
 - 2 ingenieros de diseño mecánico
 - 1 a 2 semanas.
- **Nuc-018 permitan un desplazamiento relativo grande entre el barco y el nucleador anclado al fondo**
 - Durante la penetración, el tiempo de penetración es muy importante, pues el barco, dependiendo de las condiciones

climáticas, deriva y el punto de penetración se convierte en ancla. Este efecto aumenta la tensión en la cuerda y acelera la penetración, pero tiene el inconveniente de tender a flexionar el nucleador o arrancarlo, por lo que debe diseñarse un sistema que permita un movimiento razonable de deriva.

- 2 ingenieros de diseño mecánico
- 3 a 4 semanas.
- **Nuc-019 Ofrecer imagen confiable**
 - Un elemento importante es que el sistema ofrezca una imagen de seguridad, ya que, inicialmente, el trabajo en altamar tiende a ser peligroso, por lo que el equipo debe mostrar seguridad de uso a los operadores, que no son expertos. Esto se logra con un diseño técnico con el cuidado necesario para evitar puntos de peligro y con un diseño industrial que ofrezca seguridad.
 - 1 diseñador industrial y 1 ingeniero de diseño mecánico
 - 3 a 4 semanas.
- **Nuc-020 evitar extravío de materiales**
 - Debido al uso intermitente de este equipo, no hay un control diario, por lo que debe asignarse una zona de almacenaje y diseñarse una manera de que todo el equipo pueda ser acomodado y quedar preparado para la siguiente ocasión, asegurando que no haya ausencias ni extravíos.
 - 1 ingenieros de diseño mecánico
 - 2 a 3 semanas.
- **Nuc-021 para permitir recuperación**
 - Durante los muestreos puede haber una emergencia y el equipo pierde línea con el barco, por lo que debe quedarse en el fondo del mar por lo que el diseño debe incluir algún método de señalización para ubicar la posición del equipo y procurar que ofrezca una posibilidad de obtención por métodos como el anclaje de pesca.
 - 1 ingeniero de diseño mecánico
 - 3 a 4 semanas

ESQUEMA DE DISEÑO

Debido a que las actividades establecidas, a pesar de estar definidas, requieren un arduo trabajo y tiempo de dedicación, a este punto del proyecto no es posible generar un modelo del diseño en algún programa de diseño, pero si se puede presentar un esquema que indica lo que tendrá el sistema una vez desarrollado.

Donde:

- 1: Calidad de la muestra
- 2: Longitud de muestra
- 3: Sistema de submuestreo

- 4: Sistema de retención de muestra
- 5: Sistema de flotación para orientar la penetración con la gravedad
- 6: Durabilidad de 500 lanzamientos mínimo.
- 7: Sistema estructural
- 8: Rangos de suelo de penetración
- 9: Sistema de ajuste y liberación al atacar superficie marina
- 10: Sistema de poleas de penetración
- 11: Sistema de absorción de impactos por colisión en suelo duro
- 12: Sistema de amortiguación de cambios en longitud de cuerda por desplazamiento del B/O debido a oleaje
- 13: Sistema de restricción por flotación para disminuir la probabilidad de colapso
- 14: Procedimiento para verificar armado antes del lanzamiento
- 15: Sistema de absorción de torsión excesiva de la cuerda del B/O
- 16: Sistema de fusibles mecánicos para el caso de atascamiento de nucleador
- 17: Sistema de cuerdas de nucleador independiente de la línea del B/O
- 18: Sistema de absorción de cambio de longitud de la cuerda por deriva
- 19: Diseño industrial confiable
- 20: Sistema de acomodo de herramientas para evitar extravíos
- 21: Sistema de emergencia para evitar pérdida total durante un corte de línea.

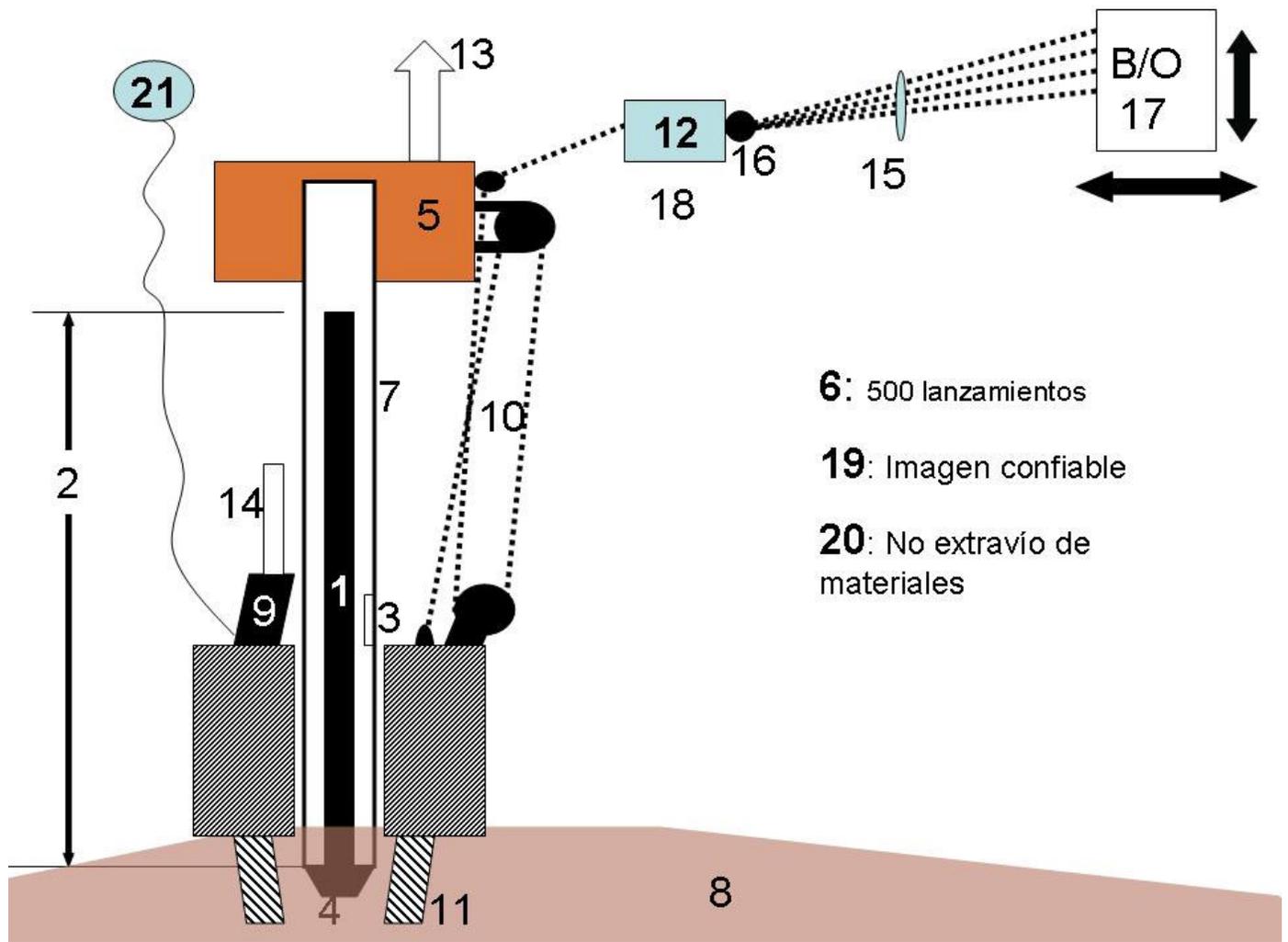


Diagrama 3.01 Esquema general del diseño

DIAGRAMAS DE ACTIVIDADES.

El proyecto puede gestionarse de diversas maneras, pero en este caso se presentará una administración contra tiempo. A pesar de que esta presenta el costo más elevado, es la que ofrece mejores resultados.

Suponiendo que se contrata un despacho de ingeniería con un equipo de 9 integrantes, 7 ingenieros, 1 biólogo y un supervisor, el diagrama de trabajo quedaría de la siguiente manera:

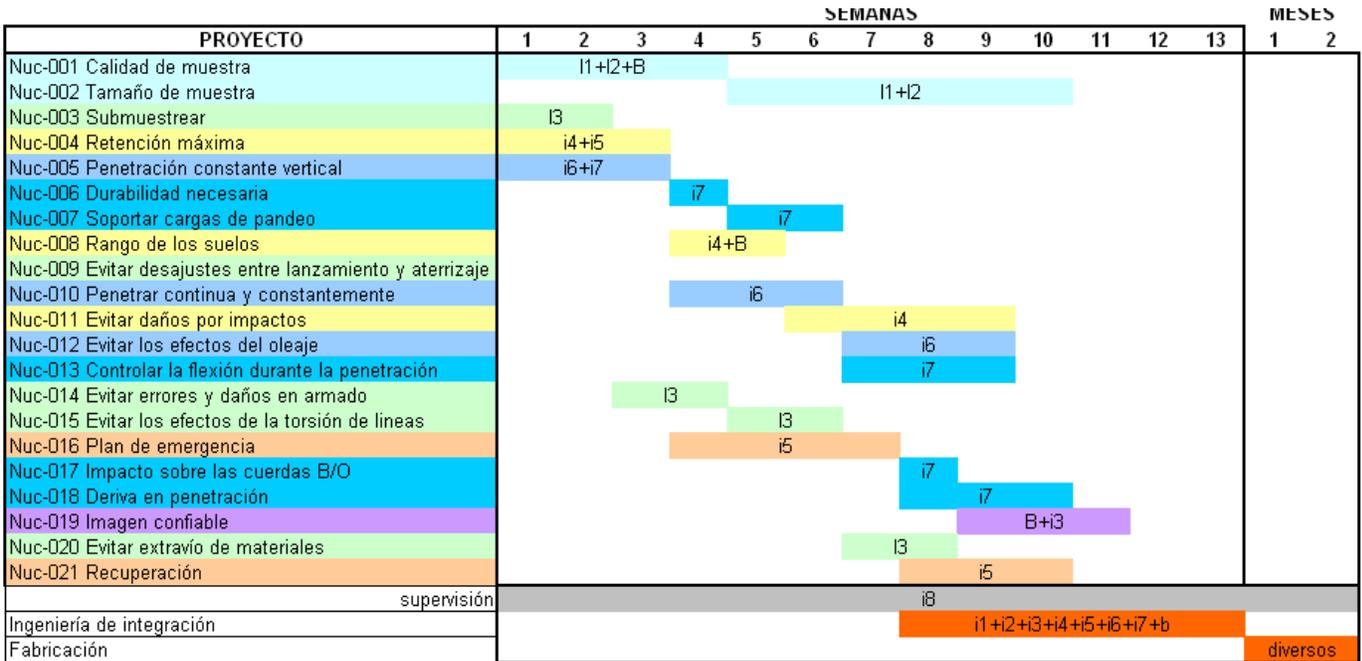


Diagrama 3.02 Programa de desarrollo para un equipo de trabajo

En el que se tiene que los colores representan las áreas básicas que se requieren y las letras el tipo de profesionista que se requiere por actividad

| | | |
|---------------------------|--------|--|
| especificaciones críticas | i8 | gerente de proyectos |
| maniobras de usuarios | i1, i2 | ingeniero de diseño, experiencia en validación y análisis de problemas |
| interfase de penetración | i3 | ingeniero de diseño de detalle para componentes especiales |
| aplicación de carga | i4 | ingeniero de diseño, experiencia en sistemas de perforación |
| sistema estructural | i5 | ingeniero de operaciones marítimas |
| plan de emergencia | i6 | ingeniero de diseño de mecanismos |
| diseño industrial | i7 | ingeniero de diseño estructural |
| | b | biólogo marino con entendimiento de operaciones |

Diagrama 3.03 Participantes y áreas del programa de desarrollo

Estimando un salario de \$12,000 por profesionista y \$20,000 por el gerente. Sería un proyecto por 14 semanas (2.5 meses) Para estimar el resto de los costos, se simplificarán un poco los demás elementos. Agregando el 30% de impuestos diversos, el 15% de ganancia, un 20% de costos fijos del lugar y herramientas de trabajo.

$$\text{Costo} = (8 \times 12,000 + 20,000) \times 2.5 \times 1.30 \times 1.20 \times 1.15 = (296,000 \times 4.485) = \$ 520,000$$

Agregando el costo de planteamiento del proyecto por parte del autor, puede estimarse entre $(7,000 \times 18 \text{ meses}) = \$ 126,000$

Es importante recalcar que los costos de transportación y evaluación del equipo tienden a ser muy elevados, pues sólo el alquiler del B/O por 5 días (obligado por las pruebas necesarias de validación) tiene un costo de 250,000 pesos.

El costo aproximado por sistema sería, tomando como base al esquema de diseño y una cotización basada en experiencias y conocimientos de diseños anteriores:

1: Forro de los núcleos

Repuestos de tubo de pvc 4.5" en tramo de 6m (30 m para pruebas, instalación y demás 3,000 p.tramo x 5 = **15,000**

3: Sistema de submuestreo

Sistema de puerta pequeña con bisagra y cilindro de estudio:

Diseño de compuerta en acero inoxidable. **10,000**

4: Sistema de retención de muestra

Diseño de nariz, tubo, mecanismo de atrape. **30,000**

5: Sistema de flotación para orientar la penetración con la gravedad

Estructura hueca soldada de ac. inox. Mínimo 6 placas de ¼ por 1 m por lado **15,000**

7: Sistema estructural

Estructura de acero inoxidable de máximo 300 kg. Por datos de fabricación de estructuras anteriores $300\text{kg} \times 70\$/\text{kg} \times 1.3$ (razón peso/costo mano de obra) $\times 1.2$ (ganancia) = 33,000 ; Masa de carga = 1,300 kg, entonces $1,300\text{ kg} \times 30\$/\text{kg} = 39,000$ mas arreglos es total de 42,000. Sumados el costo de la estructura es **77,000**

9: Sistema de ajuste y liberación al atacar superficie marina

Sistema pequeño en acero inoxidable **15,000**

10: Sistema de poleas de penetración

Poleas en bronce naval, 2 poleas sobre diseño, más estructura de soporte

15,000

11: Sistema de absorción de impactos por colisión en suelo duro

Sistema de amortiguadores y estructura de retracción con resortes **20,000**

12: Sistema de amortiguación de cambios en longitud de cuerda por desplazamiento del B/O debido a oleaje

Sistema de dos amortiguadores y resortes hechos a la medida, son largos (de 1 a 2 metros) **20,000**

16: Sistema de fusibles mecánicos para el caso de atascamiento de nucleador

Sistema de fusibles mecánicos **3,000**

17: Sistema de cuerdas de nucleador independiente de la línea del B/O

Al menos 100 m de cuerda oceanográfica, $450\ \$/\text{m} = \mathbf{45,000}$

19: Diseño industrial confiable

Aditamentos de soportes y demás **5,000**

20: Sistema de acomodo de herramientas para evitar extravíos

Caja para acomodar herramientas y demás **4,000**

21: Sistema de emergencia para evitar pérdida total durante un corte de línea.

Sistema de flotador de emergencia y cadena plástica de alta resistencia y flotación (50 metros mínimo 300 \$/m): **20,000**

En resumen serían

1: 15,000

3: 10,000

4: 30,000

5: 15,000

7: 77,000

9: 15,000

10: 15,000

11: 20,000

12: 20,000

16: 3,000

17: 45,000

19: 5,000

20: 4,000

21: 20,000

294,000

Agregando factores de aproximación del 30%

294,000 +/- 88,000

Sumando el costo de validación de 250,000

Total: 456,000 - 632,000

Optimizando algunos sistemas y controlando gastos, podría cotizarse en 500,000 como tope de presupuesto.

En total el proyecto costaría

$126+520+500 = \$ 1,146,000$

Esperando una venta mínima de 10 unidades (PEMEX 2-5, Países de América latina con costas 5-8, algunas empresas petroleras de prospección petrolera 3-5) con un precio de venta de 100,000 USD en un periodo de 3 años, se obtiene una ganancia de:

100,000 usd x 13.05 \$/usd x 10 unidades –
(126,000+520,000+500,000+250,000x9 unidades) =

13,050,000 – 3,396,000 = \$ 9,654,000

Es decir, una ganancia de \$ 3,218,000 anual.

En resumen, se tomarían 6 meses para tener el primer nucleador, se vendería a 100,000 usd (1,300,000 pesos) cada uno y se requerirían 1,146,000 para desarrollarlo.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

De primera vista, es difícil para una institución pública hacer la inversión inicial, aunque a la larga la ganancia sea efectiva. Por esta razón, se ha tomado otra consideración, se puede llevar a cabo el desarrollo del proyecto en un periodo extendido como un estudio de doctorado en cual se desarrollaría a un paso más lento, pero costeable en los parámetros de la UNAM.

Este proyecto se extendería de 6 meses a 2 años y medio. Incluyendo la obtención de recursos y la fabricación en talleres más económicos. El proyecto podría realizarse y tener el mismo impacto, solamente que en un plazo mayor.

La ventaja de realizar este proyecto como un estudio de posgrado radica en que puede accederse al desarrollo de tecnología a un costo mucho menor, pues una institución tiene accesos a diversas herramientas que le permitirían abatir costos en algunos ramos, tales como la validación. Para una empresa privada, el tener acceso a un B/O implica un costo muy elevado, mientras que para los investigadores de la UNAM el costo es menor debido a los esquemas de trabajo que se llevan a cabo, y en concreto, el alquiler del B/O de una semana, para la empresa privada tiene un costo de 250,000 pesos, sin embargo, la misma validación puede realizarse en el lapso de otras campañas, por lo que el B/O no tiene que alquilarse exclusivamente para este fin, sino que comparte otros proyectos y, por lo tanto, el costo se reduce a una parte proporcional mucho menor de la establecida para el sector privado.

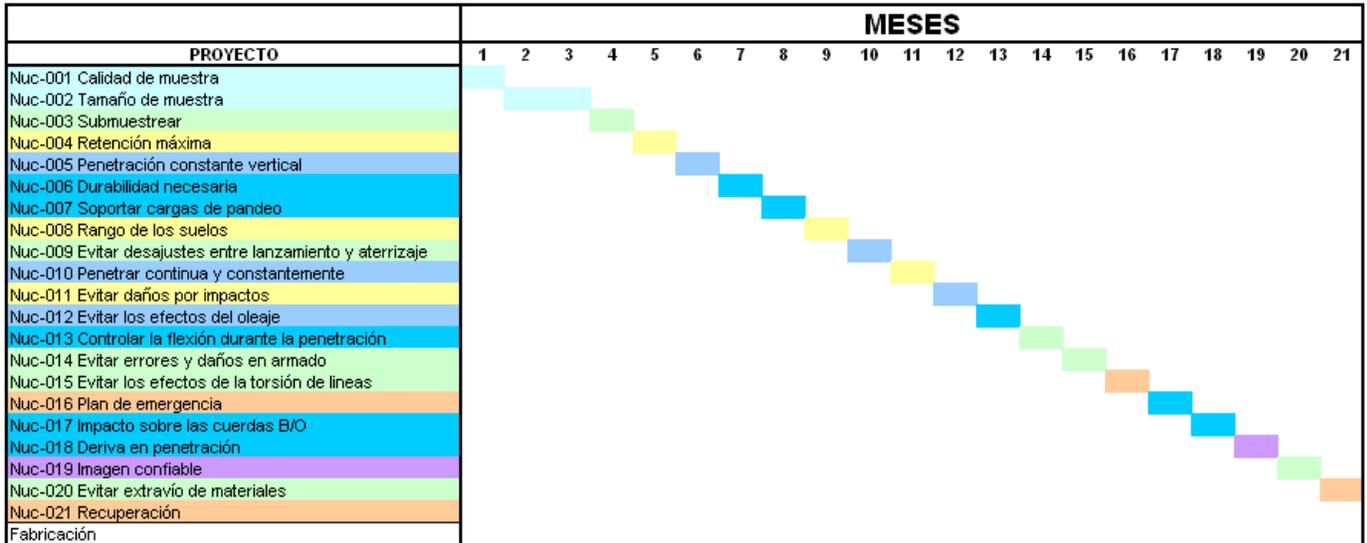


Diagrama 3.04 Desarrollo del programa por una persona en un proyecto de investigación

PROPUESTA PARA INVERSIONISTA

Por este medio presento a aquellos interesados en la investigación del suelo marino, con objetivos de prospección de hidrocarburos, obtención de conocimiento científico o prospección diversa, la oportunidad de negocio con la fabricación de un nucleador de tensión para obtención de núcleos de suelo marino. Estos núcleos se emplean para determinar la composición y estructura del suelo marino.

Dicho concepto ofrece la ventaja sobre otros nucleadores que puede ser utilizados en barcos de media eslora y puede obtener núcleos de hasta 20 m con una alta definición en los estratos.

Técnicamente, este resultado se logra con el nucleador APC (Advanced Core Piston) que maneja el Joides Resolution, un barco de 141 m de eslora y 9,600 toneladas de desplazamiento de agua. Entonces, el negocio está: En que no se requiere un barco de este tamaño para obtener núcleos de muy alta calidad y que no están limitados por la profundidad de la zona marina.

Traducido en números, el B/O El Puma de la UNAM cuesta por día de operación, aproximadamente 50,000 pesos, y su desplazamiento de agua es de 1,800 toneladas, por lo que, sólo por orden de magnitud (pues el incremento es exponencial y sólo lo comentaremos lineal) el costo del Joides es de $9,600/1,800 \times 50,000 = 266,000$ pesos diarios. Entonces, utilizar un nucleador de este tipo evitaría la necesidad del uso de barcos mayores en aguas mexicanas para la realización de operaciones, ya que habría un ahorro de 216,000 pesos diarios. Así, sí se construye este equipo y se logra rentarlo junto con el uso del B/O de la UNAM a PEMEX, el alquiler podría ser de un mínimo de 80,000 pesos diarios.

Si la inversión inicial es de 1,146,000 pesos y la ganancia es de 20,000 pesos diarios, la recuperación podría ser en 67 días, es decir, con un contrato de 3 meses se amortiza el diseño y la construcción, obviamente sin tomar en cuenta la posibilidad de la venta del equipo o la renta a otras instituciones y empresas.

El primer nucleador puede obtenerse en 6 meses, por lo que es buen tiempo para realizar negociaciones.

¡Anímese!, es un buen negocio, si usted tiene los contactos, yo tengo el concepto y el potencial para que obtengamos una buena ganancia.

Buen día.

Ing. César Tadeo Uriarte

e-mail pumaguinda@hotmail.com

CONCLUSIONES

El desarrollo tecnológico

- Se aplicaron los conocimientos de las metodologías de diseño mecánico para definir una manera personal, de convertir un proyecto ambiguo y confuso en una propuesta definida que permite aspirar a desarrollar una tecnología de obtención de núcleos.
- Se logró establecer una combinación de metodologías que permite atacar este problema de diseño y convertirlo en dos etapas, una de desarrollo alternado que establece el cimiento del sistema, y otra que se base en seguir un programa que tiene como base el cimiento previamente definido.
- Este trabajo es el inicio y sustento de una propuesta de desarrollo tecnológico completo, lo que implica que puede ser referencia para su continuación hasta la construcción y el logro del sistema tecnológico completo.
- Se comprendió que un desarrollo tecnológico no solamente es la generación de una solución técnica, sino también la generación de procedimientos de aplicación, estudios de operación y análisis de costos de uso regular, entre otras cosas.
- Se realiza una propuesta de desarrollo tecnológico mostrando cuales son los aspectos que deben tomarse en cuenta, un concepto, su configuración inicial y algunas de las actividades que deben realizarse para implantar exitosamente un Nucleador largo en un buque oceanográfico de tamaño medio.

Metodología

- Se pueden combinar las metodologías siempre y cuando se tenga una visión clara de sus alcances y modos de operación para evitar contradicciones o redundancias.
- Una metodología de diseño es una de herramienta que permite facilitar un problema de diseño, pero no es garantía de éxito, sino la capacidad del diseñador.
- Diseñar es tan complejo que no se puede planear con linealidad y precisión, sino que se planea con fechas de entrega fijas y duraciones de actividades intermitentes y flexibles.
- El proceso de diseñar es tan contextual que depende de cada diseñador, pero, desde mi punto de vista, incluye doce fases básicas que se pueden llevar a cabo en orden o no, pero que requieren ser completadas para poder lograr un diseño sin ausencias. Estas son
 - Planeación del diseño
 - Análisis del problema

- Determinación de especificaciones
- Investigación documental
- Metas de diseño
- Diseño de concepto
- Diseño de configuración
- Diseño detallado
- Prototipado
- Validación
- Programación para manufactura
- Cotización

Entendiendo al usuario

- La mejor manera de entender al usuario es una actitud abierta y adaptada a sus comentarios. Esta actitud es promovida por algunas metodologías.

Metas de diseño.

- Se identificaron 60 metas de diseño y su significado en términos concretos para su desarrollo en esta propuesta.
- Un diseño puede ser realizado exitosamente si se tiene una visión clara del desarrollo de las metas de diseño críticas, ya que estas forman la base de todo el sistema y el resto de las metas puede cambiar la percepción del cliente, pero si las críticas funcionan, el diseño puede ser declarado como funcional.

Diseño conceptual y de configuración

- La base del desarrollo de un diseño es un concepto claro y resistente, y de una configuración inicial funcional, es decir, la unidad de un diseño es su configuración inicial. El resto de sus elementos son agregados.
- En este trabajo se ha definido la configuración inicial "Nucleador por tensión" además de sus metas de diseño críticas, lineales, deseables y obligatorias.

Conclusiones generales

El proyecto

Inicialmente, el proyecto nació como una búsqueda por aplicar las metodologías de diseño en un desarrollo tecnológico real durante mi estudio de posgrado. Se realizó una búsqueda de diversos "clientes" que podrían estar interesados en mis servicios y donde encontré eco fue con la Dra. María Luisa Machaín Castillo, investigadora del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología;

además que el tema era muy cercano a mis intereses. El objetivo fue un Nucleador largo, por lo que se tomó el proyecto como base para la aplicación de estos conocimientos, con miras en la implantación en algún buque oceanográfico de la UNAM.

Inicialmente, se desarrolló un conocimiento amplio para entender el entorno y, a su vez, diseñar y construir uno. Mientras avanzaba la generación de conocimiento, fui estudiando mi manera de diseñar, por lo que, en vez de ejecutar solamente y proponer soluciones de diseño, me enfoqué en establecer mi metodología para poder definir mi modo de diseñar. Esta búsqueda de entendimiento me llevó a definir una combinación de herramientas de diseño y una manera de integrarlas para poder definir un esquema de trabajo. Una vez que encontré este modo de esquematizar y convertir un problema de diseño en un proyecto definido, continúe con las negociaciones para la ejecución del proyecto, pero la negociación final no fue satisfactoria y el proyecto quedó como una propuesta de trabajo para el desarrollo tecnológico de un nucleador largo. Esta puede ser retomada por algún interesado en el tema pues cubre desde las áreas de definición y llega hasta la obtención de una configuración que incluye los elementos a construir, pero requiere desarrollar estos elementos.

La metodología

A eso que llamamos "diseñar" es una palabra demasiado ambigua, pues depende tanto del contexto en el que se genera, que "muta" en cuanto se cambia de área, y por esto concluyo que el diseño no puede ser una metodología fija, definida, con un proceso ordenado, sino que el diseño se define dependiendo totalmente del contexto, y hállese de contexto, como por ejemplo, tanto del presupuesto, como del responsable... es decir, creo que el diseño simplemente se diseña a si mismo cada que se ejerce.

Esta conclusión me llevó a pensar que hay diferentes formas de entender el diseño y que cada quien lo ve desde diversos puntos, pero, dentro de esa inmensidad de "posiciones" de diseño, hay herramientas, ideas, puntos, frases, etcéteras, que pueden ser útiles si se conjuntan integrándose en función de un contexto. En otras palabras, creo que hay que separar "las herramientas de escuelas puras de diseño" (corrientes, frases, etcétera) en pequeñas herramientas y combinarlas para que se diseñe el proceso de diseño ante un problema determinado. Es decir, no existe el diagrama de flujo perfecto para diseñar, hay que hacer tu propio diagrama de flujo para cada diseño.

Diseñar es decidir: después de mi trabajo, concluyo que todo a lo que yo llamo diseño, son decisiones materializadas, que alguna vez fueron tomadas y hoy se ven como objetos, dibujos, especificaciones y demás. Es decir, mientras se diseña, se ejercen decisiones, que al final sólo se ven resultantes, y, como todas las decisiones, hay algunas que se toman con toda la acuciosidad posible, aunque hay otras que sólo son un rápido presentimiento, por no

llamarlas más despectivamente (...) pero, al fin y al cabo, decisiones que de ser tomadas con la medida adecuada, se convertirán en resultados exitosos.

Desarrollo tecnológico

Una de las conclusiones más importantes que he obtenido con el desarrollo de este trabajo, es que el concepto del **desarrollo de tecnología**, va mucho más allá del diseño de elementos, productos, o hasta incluso, máquinas enteras. El desarrollo de tecnología nos lleva a definir y mejorar procesos de transformación de la materia prima dentro de un ciclo completo, que va desde la generación de una idea hasta la reparación de un componente durante el uso cotidiano, pues desarrollar un generador de electricidad para la comunidad más alejada del país, sólo puede considerarse exitoso si la comunidad misma puede darle mantenimiento.

Esto incluye máquinas, elementos químicos, infraestructura, pero además, estructuras organizacionales, personas con una capacitación específica, administración con enfoque de desarrollo y más. Este hecho se resume en ver a la tecnología como una manera de transformar nuestro potencial en hechos, tales como convertir nuestro conocimiento escolar en procesos eficientes de producción, convertir nuestro petróleo en gasolina, nuestros mares en centros de producción masivo de alimentos de bajo costo, etcétera, obteniendo así una capacidad mayor de generación de riqueza y apoyando a la transformación de un país en vías de desarrollo, en un lugar próspero para su población.

Esta reflexión ha sido el resultado de los años que me he dedicado a estudiar el diseño. Una palabra que es tan ambigua que le llamamos diseño tanto a desarrollar un transporte autónomo para la investigación de los suelos lunares, como a dibujar un patito en un plato. Esta ambigüedad se resalta cuando llamamos con la misma palabra a una actividad formal, combinada y estructurada de ingeniería y ciencia, como el estudio de la luna, y a otra actividad más libre y que roza por momentos con el arte y la expresión natural humana, como es el dibujo. Cabe aclarar que dentro del mundo del diseño, también hay apellidos y eso nos ayuda a diferenciar entre una actividad y otra.

Mi perfil está en el lado del diseño mecánico, dentro de la transformación de los recursos naturales, por lo que mi campo está en el desarrollo de tecnología, y más allá de definiciones complicadas que se han escrito, puedo definir mi actividad como tecnólogo en la siguiente reflexión.

En diciembre de 2008 fui con una dentista y cuando le platiqué de mis estudios me preguntó:

-¿Donde compran los alemanes sus resinas y pegamentos para prótesis dentales?, porque he usado de todas y esas me parecen las mejores.

Mi respuesta fue:

-No las compran, ellos las hacen y ahorita seguramente, alguno está estudiando cómo mejorarla.

Esto es lo que se hace en el mundo de la tecnología: mejorar nuestro entorno desde el punto de vista de la transformación de los recursos, y la principal conclusión que ofrece mi trabajo de tesis es que muestra una manera de integrar parte del conocimiento de las metodologías de diseño y generar un plan de trabajo que puede ser ejecutado por un grupo mayor de personas. Esto es aplicable en proyectos donde se harán desarrollos tecnológicos a partir de objetivos muy claros y se requiere demasiado trabajo técnico que no puede realizar una sola persona. En otras palabras, permite convertir preguntas simples pero incontestables anteriormente, en proyectos aterrizados actualmente. Preguntas simples como: ¿Cómo saco un poco de tierra de fondo del mar?, ¿Cómo llego a la luna?, ¿Cómo vuelo?, que hace algunos años, eran incontestables, y a través del desarrollo tecnológico, científico, económico y social, se han contestado con una simpleza que incluso llega a sonarnos tonto hoy, respuestas como: Con un nucleador, con un transbordador y con un avión.

La conclusión final de mi trabajo es que es nuestra función como tecnólogos, especialistas de diseño mecánico, es: **responder las preguntas de ahora que implican la transformación de recursos naturales y buscan generar un beneficio**, preguntas como: ¿Cómo aprovechamos el potencial de la porción de mar que nos corresponde?, ¿Cómo entregamos agua a todos los habitantes del Distrito Federal?, ¿Cómo reciclamos el 100% de nuestros desperdicios?, y más preguntas que siguen esperando respuesta.

N/A

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 1

1. Beltrán E., *Leamos la Ciencia para todos, tomo MÉXICO Y SUS MARES I*, 2002, Ed. Fondo de cultura económica.
2. Hatamura Y., *The practice of machine design*, Clarendon Press Oxford, 1999.
3. U.S. Naval Oceanographic Office, *Instruction Manual for Obtaining Oceanographic Data*, 1968, tercera edición.
4. Elementos de Arquitectura Naval. Librería editorial Alsina Buenos Aires 1986. [ISBN 950-553-026-9](#) (pag 2).
5. Teoría del Buque. Cesáreo Díaz Fernández Barcelona 1972 B 43259 1972 (pag 5).
6. Estructura del Buque. Ricardo E. Vazquez. Ediciones de la Cueva. Buenos Aires 1978. Pág 201.
7. <http://www.whoi.edu/page.do?pid=8496>, página oficial del Woods Hole Oceanographic Institute
8. <http://www.buques.unam.mx/> página oficial de los buques oceanográficos de la UNAM.
9. <http://www.whoi.edu/oceanus/viewArticle.do?id=26407> página Oceanus, Tha magazine (chechar dato) detalles de nucleador largo

REFERENCIAS CAPÍTULO 2

1.-Gómez E. Senent, *Las fases del proyecto y su metodología*, Primera edición, 1992, Universidad Politécnica de Valencia. Reimpreso por Instituto Politécnico Nacional, 1998. pp 23

2.-Ruiz Leopoldo, *Apuntes de la clase "diseño y construcción de prototipos"*, 2008-2, posgrado de ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

3.-Larry Leyfer, *Apuntes de la clase "ME310 entrepreneurship design 2007-2008"* maestría en diseño mecánico, Universidad de Stanford, Estados Unidos de América, clases en línea.

4.- Hatamura Y., *The practice of machine design*, Clarendon Press Oxford, 1999.

5.- Ramírez Reivich A., *Apuntes de la clase "diseño colaborativo"*, 2008-2, posgrado en ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

6.- Aguirre E. G., *Apuntes de la clase "dirección y control de los procesos de diseño e innovación"*, 2008-1, posgrado en Ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

7.- Aguirre E. G., *Evaluation of technical systems at the design stage*, Tesis doctoral, Selwyn College Cambridge, University of Cambridge, 1990.

1.-Aguirre E. G., *Apuntes de la clase "dirección y control de los procesos de diseño e innovación"*, 2008-1, posgrado en Ingeniería mecánica, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

2.-U.S. Naval Oceanographie Office, *Instruction Manual for Obtaining Oceanographic Data*, 1968, tercera edición.

3.-<http://www.buques.unam.mx/> página oficial de los buques oceanográficos de la UNAM.

4.-<http://www-odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn31/apcm/apcm.htm> página oficial de la ODP, Ocean Drilling Program, United States Implement Organization.

5.- <http://www.institut-polaire.fr/> pagina oficial del Instituto polar Francés.

6.- <http://www.whoi.edu/page.do?pid=8496>, página oficial del Woods Hole Oceanographic Institute

7.-Campaña Tehua V, feb 2008

8.-Pashoal Rossetti, J. *Introducción a la economía*, 200e, ed. Alfaomega, pp. 175-203, 3° edición.

9.-Entrevista, investigadora M. en C. Bárbara Rodríguez, ICMYL, 25 marzo de 2008. Problemas concernientes a un nucleador largo.

10.- <http://www.whoi.edu/oceanus/viewArticle.do?id=26407> página Oceanus, Tha magazine (chechar dato) detalles de nucleador largo

11.- Gómez E. Senent, *Las fases del proyecto y su metodología*, Primera edición, 1992, Uiversidad Politécnica de Valencia. Reimpreso por Instituto Politécnico Nacional, 1998

12.-IDEO, *The power of design*, Bussines Week Magazine.

13.-Libro mecánica de suelos.

14.-White, C., *Mecánica de fluidos*, ed. Limusa, 1987, 8 edición.

