



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

ESTRATEGIA DE GERENCIA DE PROYECTOS  
PARA LA MEJORA DE LA ETAPA DE ESTUDIOS BÁSICOS  
ASOCIADOS A LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
DARIO DE JESÚS RAMÍREZ TEXIS

TUTOR PRINCIPAL  
M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## RESUMEN

---

México es un país muy dinámico en el ámbito comercial interno y exterior, un alto porcentaje de las mercancías se mueven por vía marítima y por lo tanto la infraestructura portuaria es un factor de alto valor para la vida económica nacional, por tal motivo, es necesario garantizar que los puertos funcionen correctamente y estén bien construidos, siguiendo altos parámetros de calidad, por lo que es fundamental un buen manejo del proyecto en todas sus fases.

Idealmente, para construir obras con eficiencia hay una serie de pasos a seguir, una de las primeras acciones es la realización de los estudios de ingeniería, esto es necesario para el desarrollo del proyecto de construcción puesto que la información obtenida es la base del proyecto ejecutivo y por lo tanto de todo el proceso constructivo de la obra, de su programa y presupuesto.

Sin embargo, en México existe una problemática en la industria de la construcción que entorpece el desarrollo de la infraestructura, la Auditoría Superior de la Federación realizó un estudio en el 2017 denominado “Problemática general en materia de obra pública y servicios relacionadas con las mismas 2011-2016”, en ésta investigación se hizo un diagnóstico de las causas que originaron incrementos en los costos y retrasos en las obras, cuyo análisis permitió concluir que en promedio los contratos estudiados tuvieron un costo 142% mayor que el autorizado y un tiempo de ejecución 100% mayor que el programado, consecuencia principalmente de falta de planeación, programación y desarrollo de los estudios de ingeniería básica, y de la deficiencia en la integración de los proyectos ejecutivos, como factores técnicos.

Para que en el desarrollo de proyectos de muelles se eviten los problemas que han afectado a muchas obras en nuestro país se requiere que los datos obtenidos en las investigaciones estén completos, se realicen correctamente, sean adecuados a lo requerido para evaluar y proyectar, y que sean suficientes, además, es vital que toda la información obtenida de las distintas áreas de la ingeniería se integre de manera correcta, por ésta razón, es necesaria una buena coordinación entre todos los involucrados.

En esta tesis se propone una estrategia de mejora a la situación problemática ya descrita para ser implementada en la realización de estudios básicos para muelles, esta consiste en adoptar una forma de trabajo que fusiona aspectos relevantes de varias metodologías de gerencia de proyectos: BIM, LEAN , AGILE y las recomendaciones de la metodología del PMI. Las acciones estratégicas propuestas tienen el objetivo de prevenir los efectos de la problemática en materia de obra pública detectados por la ASF

(el desfase en tiempo y costo de los proyectos) y mejorar las deficiencias del proceso de realización de las investigaciones de ingeniería básica (estudio geotécnico, geológico, batimétrico, topográfico, impacto ambiental, dinámica litoral y meteorológico, entre otros).

Como parte de la estrategia propuesta por el autor se propone introducir tecnología BIM para la creación de modelos 3D como repositorio de las condiciones del sitio de proyecto, mejorar los procesos de trabajo colaborativo en equipo a través de SCRUM (AGILE) y KANBAN (LEAN), reducir las actividades dobles que se realiza actualmente en el proceso aplicando una filosofía LEAN, retomar recomendaciones hechas por especialistas de las áreas técnicas involucradas sobre los alcances de un estudio genérico para muelles y sobre aspectos de la realización de los trabajos además se incluyen algunas de las recomendaciones de dirección de proyectos del PMBOK del Project Management Institute para el perfil del gerente de proyectos.

La propuesta está dirigida a las organizaciones y profesionales que tienen a su cargo los proyectos de construcción de muelles o que van a ejecutar los estudios básicos; los ejes en los que se constituye son los siguientes:

- A) Desarrollo de modelos para la dirección efectiva de los estudios.
  - Organización del equipo
  - Producción de la documentación de los estudios
- B) Guía de alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica.
- C) El perfil del gerente de proyectos de obras marítimas.

El trabajo se complementa con el desarrollo de un caso práctico correspondiente a mostrar la aplicación de la estrategia en la integración de la información correspondiente al Muelle Granelero No. 3 del Puerto de Tuxpan, Veracruz, a partir de este ejemplo que retoma datos reales se hace una evaluación final de la propuesta.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>8</b>
1.1 HIPÓTESIS .....	13
1.4 OBJETIVOS DE LA TESIS .....	17
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.....	18
1.6 ALCANCE DE LA TESIS.....	19
1.7 METODOLOGÍA DE LA TESIS .....	19
1.7 LIMITACIONES DE LA TESIS .....	20
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 LA GERENCIA DE PROYECTOS .....	21
2.2 ESTADO DEL ARTE DE LA APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE GERENCIA DE PROYECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN .....	22
2.3 METODOLOGÍAS DE GERENCIA DE PROYECTOS.....	24
2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE GERENCIA DE PROYECTOS	28
2.4.1 BIM .....	28
2.4.2 AGILE .....	36
2.4.3 LEAN .....	43
2.4.4. MÉTODO DE GESTIÓN DE PROYECTOS DEL PMI .....	51
<b>3. EL PROYECTO EJECUTIVO Y LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA ASOCIADOS A LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES .....</b>	<b>60</b>
3.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES.....	62
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES .....	71
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES	74
<b>4. ESTRATEGIA DE MEJORA PARA LA ETAPA DE ESTUDIOS BÁSICOS ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE MUELLES .....</b>	<b>83</b>
4.1 INTRODUCCIÓN A LA ESTRATEGIA .....	83
4.2 DISEÑO DE LA ESTRATEGIA.....	83
4.3 LA ESTRATEGIA.....	91
4.3.1 DESARROLLO DE MODELOS PARA LA DIRECCIÓN EFECTIVA DE LOS ESTUDIOS: BIM+AGILE+LEAN.....	93
4.3.1.1 ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO .....	93
4.3.1.2 PRODUCCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS .....	96

4.3.2 GUÍA DE ALCANCES MÍNIMOS DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA .....	107
4.3.3 EL PERFIL DEL GERENTE DE PROYECTOS DE OBRAS MARÍTIMAS ....	114
<b>5. APLICACIÓN EN CASO PRÁCTICO .....</b>	<b>117</b>
5.1 LOS ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL MUELLE GRANELERO NO. 3.....	117
5.2 APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEJORA AL CASO DEL MUELLE GRANELERO 3 .....	129
5.3 COMPARACION CUALITATIVA DE LA ESTRATEGIA CON EL PROCEDIMIENTO TRADICIONAL .....	141
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de causa-efecto de la situación problemática (nivel macro), (ASF,2017) .....	8
Figura 2. Gráfica de causas que originaron incrementos por grupo funcional, (ASF,2017, p.3) ..	9
Figura 3. Gráfica de causas técnicas que originaron incrementos en el costo, (ASF,2017, p.4) .	10
Figura 4. Diagrama de causa-efecto de la problemática, correspondiente a la rama técnica (nivel micro) .....	12
Figura 5. Árbol de problemas .....	15
Figura 6. Árbol de objetivos .....	15
Figura 7. Crecimiento del tráfico comercial por vía marítima en México ..... (TEU: Unidades equivalentes a veinte pies), (Banco Mundial, 2018) .....	18
Figura 8. Metodologías de la Gerencia de Proyectos (Aston, 2019).....	26
Figura 9. Comparación entre la metodología BIM y la forma tradicional de trabajo. (Obtenida del sitio oficial de Autodesk) .....	30
Figura 10. Composición social y tecnológica de BIM como metodología. (Obtenida de BIME Initiative, 2005) .....	30
Figura 11. Curva costo vs. esfuerzo, mejor conocida como curva Macleamy (Obtenida de BIM Community).....	36
Figura 12. Proceso SCRUM.....	41
Figura 13. Estructura de LEAN .....	44
Figura 14. Ciclo PDCA.....	47
Figura 15. Modelo de procesos de acuerdo con las normas ISO .....	48
Figura 16. Tablero KANBAN .....	50
Figura 17. Interacción entre los componentes clave de los proyectos de la Guía del PMBOK...53	
Figura 18. Relaciones dentro de un proceso de gerencia de proyectos. ....	54
Figura 19. Participación de los grupos de procesos dentro de un proyecto o fase. (PMBOK)....55	
Figura 20. La etapa de estudios básicos dentro del Ciclo Representativo de Vida de un Proyecto .....	61
Figura 21. Factores que rigen el dimensionamiento del frente de atraque (SCT).....	63
Figura 22. Condicionantes para el dimensionamiento de un muelle (SCT) .....	63
Figura 23. Fuerzas actuantes consideradas en el diseño de muelles (SCT).....	65
Figura 24. Muelle construido sobre pilotes (SCT).....	72
Figura 25. Muelle construido con tablestacado anclado (SCT).....	72
Figura 26. Muelle construido con muros de contención de bloques (SCT) .....	73
Figura 27. Los estudios de ingeniería dentro del proyecto de construcción de muelles .....	74
Figura 28. Realización de un estudio geotécnico para la construcción de un muelle. ....	78
Figura 29. Diagrama de causa-efecto de la problemática, correspondiente a la rama técnica (nivel micro).....	84
Figura 30. Representación gráfica de los ejes de la estrategia.....	92
Figura 31. Procedimiento de implementación de SCRUM en el proceso de realización de estudios básicos. ....	95
Figura 32. SCRUM en el proceso de elaboración de estudios básicos .....	96
Figura 33. Documentos de gerencia desarrollados bajo el enfoque .....	98
Figura 34. Tablero KANBAN .....	102
Figura 35. Realización de trámites en KANBAN.....	103
Figura 36. Ubicación del sitio de estudio .....	118
Figura 37. Imagen satelital de la zona de proyecto.....	118
Figura 38. Programa de trabajo del proyecto del Muelle Granelero 3. ....	120



Figura 39. Diagrama de la estructura de organización implementada en el desarrollo de los estudios para el Muelle Granelero de Tuxpan, Ver.....	121
Figura 40. Planta batimétrica del sitio de estudio. ....	122
Figura 41. Detalle de carta geológica en la zona de proyecto. ....	125
Figura 42. Perfil geotécnico del proyecto del Muelle Granelero 3 de Tuxpan. (Sifuentes, 2016) .....	126
Figura 43. Perfil geotécnico longitudinal en el frente del muelle (zona de agua). (Sifuentes, 2016) .....	126
Figura 44. Perfil geotécnico en la zona terrestre. (Sifuentes, 2016) .....	127
Figura 45. Tablero KANBAN correspondiente al Sprint 4 .....	139
Figura 46. Modelado de topografía-batimetría y de información geotécnica.....	140
Figura 47. Generación de perfil estratigráfico en una sección definida del modelo. ....	140
Figura 48. Perfil correspondiente a uno de los cortes del modelo BIM. ....	141

## INTRODUCCIÓN

---

La presente tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería por la UNAM corresponde a dos áreas de la maestría: gestión administrativa y tecnología de la construcción, a su vez, las líneas de investigación involucradas son dos, la línea de gerencia de proyectos y la de obras marítimas.

El objetivo general de la tesis es crear una estrategia de gerencia de proyectos para la mejora del proceso de realización de los estudios básicos requeridos para proyectar muelles, con lo cual se busca contribuir en la práctica a reducir desde un enfoque técnico y de gestión los incrementos en costo y tiempo que existen y también a tener un proceso más eficiente.

En el capítulo 1 se lleva a cabo el planteamiento del problema, se toma como base un informe publicado por la ASF en 2017 y la situación experimentada en la práctica, diagnosticada a partir de una entrevista realizada a profesionales involucrados, misma que se incluye en el Anexo 1, además, se presentan los objetivos, alcances, hipótesis y limitaciones de esta tesis.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico de la tesis, se pone al lector en contexto sobre el estado del arte de las metodologías de gerencia de proyectos y el marco de trabajo de cada una de ellas, también se aborda la aplicabilidad de esos métodos en el caso que se estudia en este trabajo.

En el capítulo 3 se habla del proyecto ejecutivo y de las técnicas de construcción de muelles, así como de los estudios básicos asociados, se detallan las investigaciones más importantes: estudio geotécnico, topografía y batimetría, manifestación de impacto ambiental, dinámica litoral y estudio meteorológico, los cuales definen la toma de decisiones relacionadas con la proyección de las obras.

En el capítulo 4 se propone la estrategia para la mejora de la realización de los estudios básicos para proyectos de muelles, con un enfoque integral estructurada en tres ejes.

En el capítulo 5 se desarrolla un caso práctico en el que se aplican las recomendaciones hechas en el capítulo 4 y se hace una comparación con la forma de proceder tradicional.

Finalmente, se presentan las conclusiones de la tesis, así como los anexos generados como soporte del trabajo.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2017 la Auditoría Superior de la Federación de México que depende de la Cámara de Diputados realizó un reporte denominado “Problemática General en Materia de Obra Pública y Servicios Relacionados con las Mismas 2011-2016”, el propósito de este trabajo fue determinar las causas que generaron incrementos en costos y en tiempo de las obras realizadas en el periodo de tiempo entre 2011 y 2017, y proponer recomendaciones para mejorar la aplicación de los recursos destinados. (ASF, 2017, p. 1)

En el reporte de la ASF (2017) se consideraron 92 proyectos de obra pública cuyo importe contratado fue mayor a 100 millones de pesos y el desfase en el plazo de ejecución o costo fue mayor al 30% al estipulado en los contratos. Dentro de estos proyectos se incluyen algunos de infraestructura portuaria, para fines de soporte de esta tesis y por razonamiento de deducción, lo referente a las obras en general se considerará aplicable para la construcción de muelles. En el estudio se detectó que en promedio los contratos estudiados tuvieron un sobrecosto del 142% sobre el valor presupuestado originalmente y un tiempo de ejecución 100% mayor que el programado al inicio de la obra, las causas de estos desfases también fueron estudiadas. (p. 1)

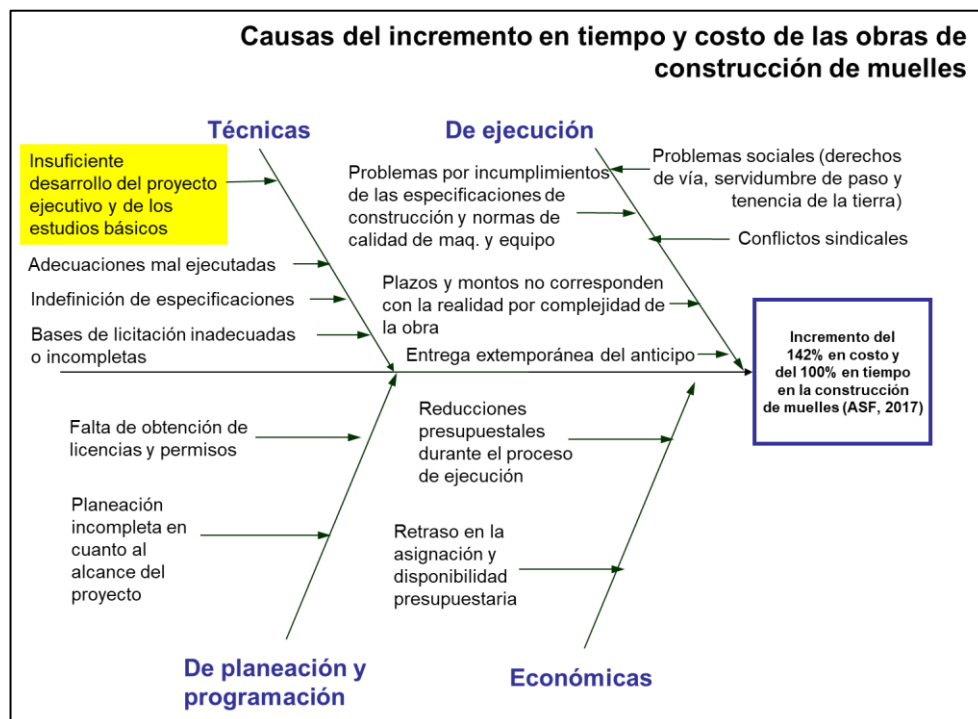


Figura 1. Diagrama de causa-efecto de la situación problemática (nivel macro), (ASF,2017)

Como se puede ver en el diagrama de la Figura 1, el análisis se realizó agrupando a las causas por grupo funcional, clasificando las problemáticas en técnicas, de ejecución, de

planeación y programación, y sociales. El grupo funcional con mayor incidencia es el de problemáticas técnicas con un 71% de los casos.

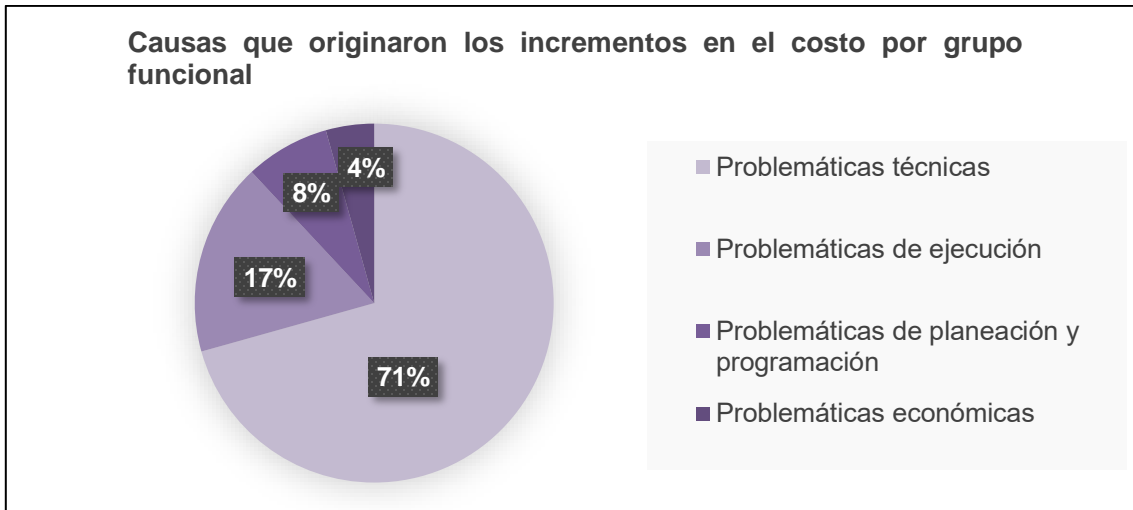


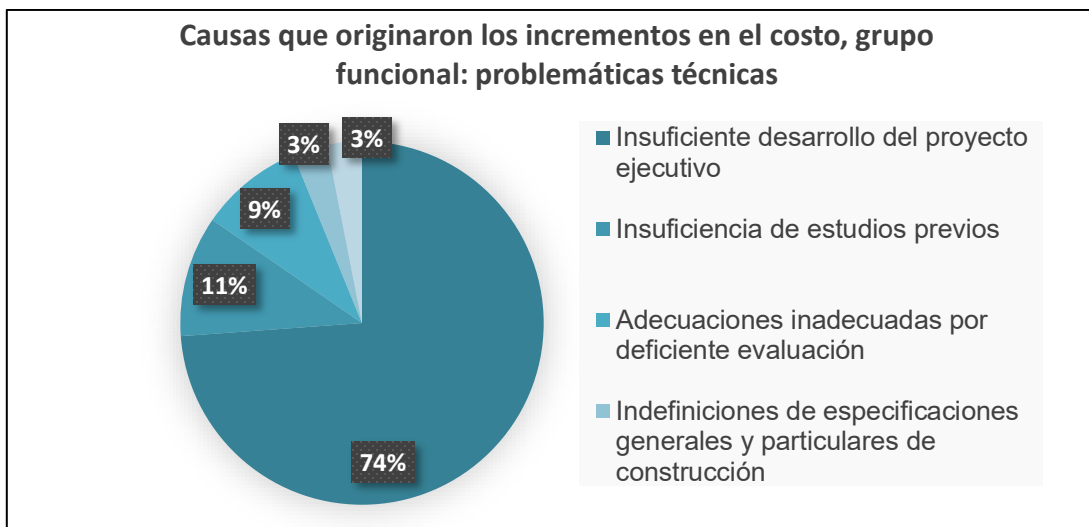
Figura 2. Gráfica de causas que originaron incrementos por grupo funcional, (ASF,2017, p.3)

Priorizando el enfoque de esta tesis, se puso atención en las problemáticas técnicas, éstas están constituidas por cinco causas: insuficiente desarrollo del proyecto ejecutivo, insuficiencia de estudios previos, adecuaciones mal realizadas por deficiente evaluación, indefiniciones de especificaciones generales y particulares en construcción y bases.

De los 92 contratos, se identificó que 65 presentaron problemática técnica, la mayor incidencia ocurrió en dos causas principales:

- 48 contratos con insuficiente desarrollo de los proyectos ejecutivos, que representa el 74% de los contratos con problemáticas técnicas.
- 7 contratos con insuficiencia de estudios previos (mecánica de suelos, topográficos, geológicos y ambientales, correspondiente al 11% de los contratos con fallas técnicas.

Del estudio se desprende que persiste como causa primaria de los incrementos en costos y tiempos de ejecución la problemática técnica relativa a no contar con proyectos ejecutivos integrados completos antes de iniciar la ejecución de los trabajos; la segunda causa corresponde a problemas de índole social relacionados con la tenencia de la tierra, mientras que la tercera causa generadora de dichos aumentos en los proyectos se refiere a la insuficiencia de estudios previos. (ASF, 2017)



**Figura 3. Gráfica de causas técnicas que originaron incrementos en el costo, (ASF,2017, p.4)**

De la lectura de estos datos y de la experiencia profesional del autor, se puede concluir, coincidiendo con las recomendaciones que hace la Auditoría Superior de la Federación en su reporte, que es necesario contar en todos los casos con “proyectos ejecutivos integrados, oportunos y completos” y estudios previos completos, suficientes y adecuados que los soporten, ya que el no contar con ellos representan las principales causas técnicas del desfase en tiempo y en costo de la construcción de muelles. (ASF,2017, p. 6)

Cabe mencionar que no es que los ingenieros que trabajamos en México no sepamos proyectar o llevar a cabo estudios de ingeniería básica, es un hecho que hace falta hacer eficiente la forma en que se integra la información del proyecto (aún se usan métodos obsoletos), pero la causa de fondo es la interpretación que se ha dado al esquema legal de contratación (Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionadas con las Mismas), lo cual ha llevado a un proceso que ha resultado ineficiente.

En primer lugar, se lanza una convocatoria para que se presenten propuestas económicas, las empresas presupuestan para ganar el concurso sin llevar a cabo una planeación real basada en estudios, se asignan los trabajos a la empresa que presenta la propuesta económica más baja, lo que ha conducido a proyectos escuetos que tiene que corregirse sobre la marcha porque no se tiene conocimiento real de las condiciones del sitio. (Robledo, 2019, p.111)

El esquema originado de la mala interpretación se ha difundido a pesar de que la actual Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionadas con las Mismas establece que se puede iniciar la contratación de la construcción de una obra pública cuando se cumplan las siguientes condiciones:

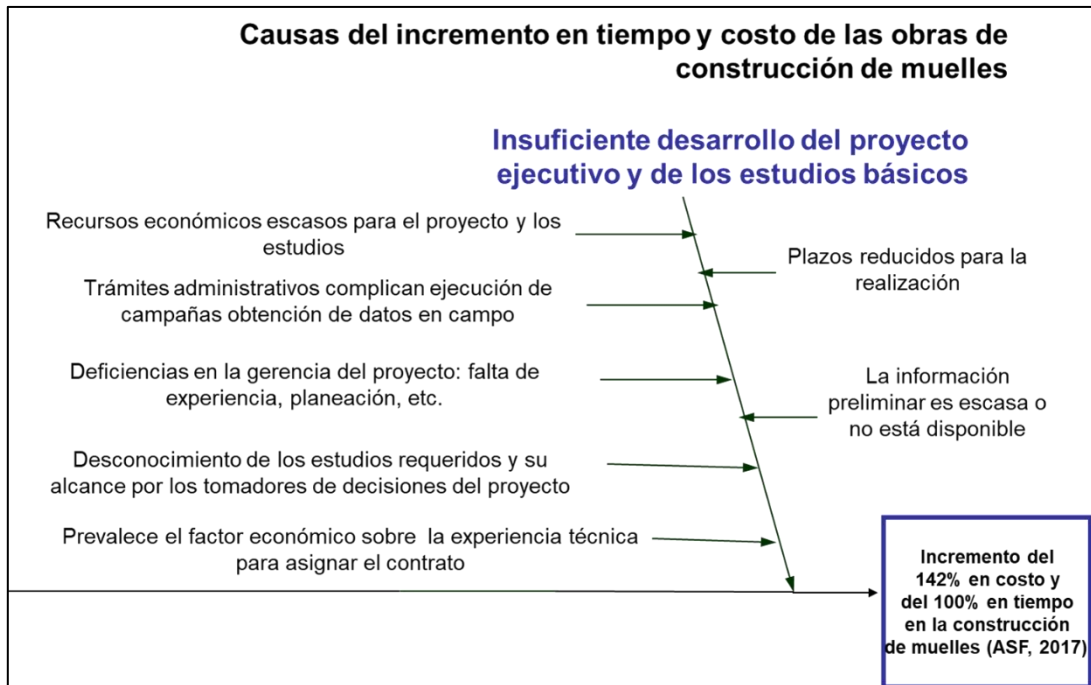
- 1) Que la obra se encuentre programada.

- 2) Que el proyecto ejecutivo permita desarrollar la construcción ininterrumpidamente.

Las obras son programadas una vez que se cuenta con la aprobación previa de la Unidad de Inversiones de la SHCP o algún otro ente gubernamental al que corresponda, prevaleciendo como criterio la factibilidad social y económica sin contar con al menos tres de los siguientes elementos básicos que no evalúa la Secretaria de Hacienda y Crédito público o en general las dependencias de gobierno: estudios de ingeniería básica, proyecto ejecutivo correcto y tenencia de la tierra resuelta o derecho de vía liberado con aceptación de los involucrados. (Robledo, 2019, p.111)

Actualmente las dependencias del sector público federal no cuentan con una cartera de proyectos que cumplan con los elementos básicos antes mencionados debido a que los presupuestos anuales para estudios y proyectos de dichas dependencias son insuficientes lo cual obliga a las dependencias a enviar sus solicitudes de programación a la SHCP sin información indispensable para determinar su factibilidad, a pesar de lo cual la Unidad de Inversiones se ve obligada a autorizarlos para que se puedan ejercer el dinero disponible. (Robledo, 2019, p.111-112)

**El problema a nivel macro es muy complejo, sin embargo, en este trabajo se busca hacer aportaciones para dirimir las causas técnicas que lo provocan, por este motivo se hará especial énfasis en el desarrollo de los estudios básicos y el desarrollo del proyecto ejecutivo al ser las causas con mayor incidencia, por tal motivo, en el diagrama de causa – efecto de la Figura 4 se hace un análisis de la situación problemática micro, se destacan las causas de carácter técnico que dan origen a la situación y que competen a la ingeniería civil.**



**Figura 4. Diagrama de causa-efecto de la problemática, correspondiente a la rama técnica (nivel micro)**

El diagrama a nivel micro de la problemática se construyó tomando en cuenta la opinión de expertos destacados en el desarrollo de estudios básicos para proyectos de muelles y complementó con los argumentos de Robledo (2019) que se citan en los párrafos anteriores, se llevó a cabo una entrevista a 7 profesionales de la ingeniería, los entrevistados son ingenieros directamente involucrados que conocen la práctica actual en México, en su mayoría son especialistas de las áreas técnicas e incluso la mitad de ellos ha coordinado la realización de los estudios en su totalidad

El formato de la entrevista, las respuestas, análisis y conclusiones de la actividad se incluyen en el **Anexo 1** de esta tesis-

Como sumario, las causas del insuficiente desarrollo del proyecto ejecutivo y de los estudios básicos, sin orden de relevancia, son las siguientes:

- a) Los recursos económicos que se asignan para el desarrollo del proyecto y de los estudios básicos es escaso.
- b) El plazo para el desarrollo del proyecto y los estudios es reducido.
- c) La información preliminar para planear los estudios básicos es escasa o no está disponible.
- d) Existen dificultades para la ejecución de las campañas de obtención de información en el sitio relacionadas con los trámites administrativos.
- e) La gerencia de proyectos se realiza de forma deficiente.
- f) Los tomadores de decisiones del proyecto desconocen el alcance de los estudios necesarios para el desarrollo del proyecto.
- g) Prevalece el factor económico sobre la experiencia técnica en el proceso de asignación de contratos.

A partir de lo planteado, surgen las siguientes preguntas y se pretende que sean contestadas al concluir la tesis:

Pregunta principal

- ¿Cómo se puede contribuir a la mejora del problema planteado desde el enfoque de la ingeniería civil? ¿Cuáles son las limitaciones que existen para la mejora?

Pregunta secundarias

- ¿Qué herramientas se pueden utilizar para contribuir a resolver el problema y de qué manera?

## 1.1 HIPÓTESIS

Formulando respuestas hipotéticas a la pregunta principal de la investigación:

¿Cómo se puede contribuir a la mejora del problema planteado desde el enfoque de la ingeniería civil?

A partir del análisis representado en los diagramas de causa y efecto que se muestran en las Figuras 3 y 4, se detectaron las causas del problema, a continuación, se discute la factibilidad de la resolución de las mismas desde el enfoque técnico y de gestión de esta tesis son;

- a) Los recursos económicos que se asignan para el desarrollo del proyecto y de los estudios básicos es escaso: Esta causa no puede ser resuelta desde la perspectiva de este trabajo, se trata de decisiones políticas y con lo único que se puede contribuir es en **hacer trabajos óptimos en los que la calidad no se vea comprometida con el presupuesto asignado**, haciendo uso adecuado de los recursos económicos disponibles, **“trabajar bien a la primera”**
- b) El plazo para el desarrollo del proyecto y los estudios es reducido: Esta es otra situación que no se puede resolver, es una limitante con la que se debe convivir, a través de la **aprovechar el tiempo y hacer más ágil el trabajo: mayor planeación para cuidar que el trabajo se realice sin detenimiento.**
- c) Existen dificultades para la ejecución de las campañas de obtención de información en el sitio relacionadas con los trámites administrativos: Se requiere que los despachos encargados estén familiarizados con los trámites de modo que la gestión se realice en tiempo y forma sin pausar el desarrollo de los trabajos, para esto se requiere que la gerencia de proyectos desarrolle



un **programa de trámites o algún documento de** seguimiento para que los encargados los tengan presentes y los realicen oportunamente.

- d) La gerencia de proyectos se realiza de forma deficiente: Es claro que esta situación puede mejorarse desde el enfoque de la tesis a través de una **estrategia que contribuya a plantear mejores prácticas** de los procesos gerenciales para dirigir proyectos de construcción de muelles.
- e) La información preliminar para planear los estudios básicos es escasa o no está disponible: Esta dificultad puede ser superada a largo plazo con un cambio de paradigma, de manera que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible para el desarrollo de proyectos de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada.
- f) Los tomadores de decisiones del proyecto desconocen el alcance de los estudios necesarios para el desarrollo del proyecto: Esta causa puede ser resuelta al plantear **una guía de alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica**.
- g) Prevalece el factor económico sobre la experiencia técnica en el proceso de asignación de contratos: Esta situación difícilmente puede ser resuelta con el enfoque técnico y de gestión porque es un asunto que tiene varias dimensiones (política, legal, etc.) y es muy complejo, solo es **posible hacer una reflexión sobre la necesidad de ponderar con mayor valor la experiencia técnica** de los despachos o empresas participantes en un concurso para la asignación de un contrato para que quienes realicen el proyecto y los estudios tengan la capacidad para entregar resultados de alta calidad.

Este estado puede modelarse en los diagramas de problemas y objetivos que se muestran en las Figuras 5 y 6, en el árbol de problemas podemos ver como las causas técnicas detectadas contribuyen al problema central y generan efectos negativos como el que se gaste más dinero del necesario y que se retrase la fecha para que los muelles proyectados puedan comenzar a operar.

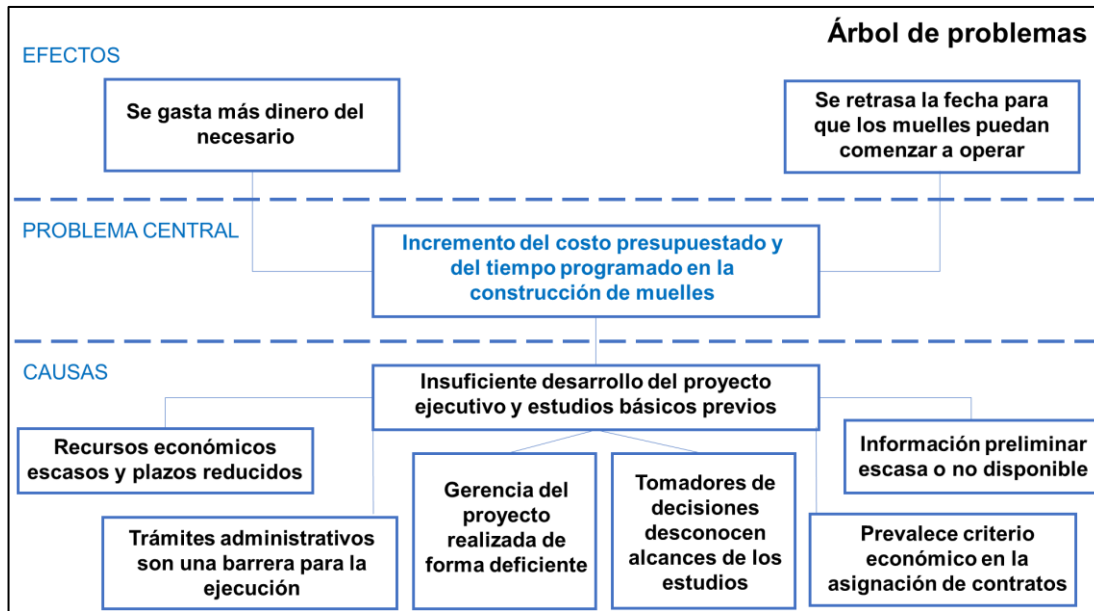


Figura 5. Árbol de problemas

Siguiendo con el análisis, podemos traducir el anterior árbol de problemas a uno de objetivos, los problemas detectados se traducen a un estado positivo y se convierten en objetivos, posteriormente son identificados los medios para poder conseguir los fines, los fines son una situación ideal contraria a la problemática inicial.

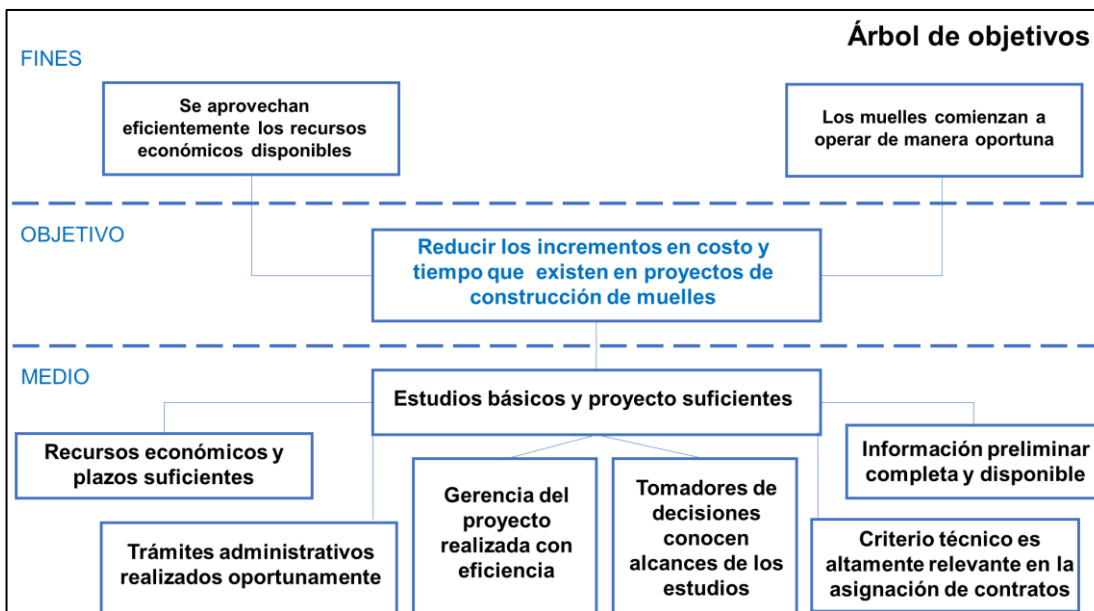


Figura 6. Árbol de objetivos

El medio identificado es tener estudios básicos y proyecto suficientes, esto se logra a partir de: tener recursos económicos y plazos suficientes para desarrollar el proyecto,

realización de los trámites administrativos de manera oportuna, gerencia de proyectos realizada con eficiencia, que los tomadores de decisiones conozcan los alcances de los estudios, se tenga información técnica preliminar completa y disponible y que el criterio técnico sea primordial en la asignación de contratos. Como se discutió al comienzo de esta sección, no todas las causas puede solucionarlas el ingeniero civil, por lo tanto, aquellos medios que se pueden alcanzar se presentan a continuación:

**Tabla 1 Medios y estrategias hipotéticas**

Medio alcanzable	Estrategia hipotética
A. Realización de los trámites administrativos de manera oportuna	Desarrollar un programa de trámites o algún documento de seguimiento para que se realicen oportunamente
B. Gerencia de proyectos realizada con eficiencia	Definir acciones que contribuyan a plantear mejores prácticas de los procesos gerenciales para dirigir la elaboración de los estudios básicos, desde la planeación hasta la entrega.
C. Los tomadores de decisiones conocen los alcances de los estudios	Redactar una guía de alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica.
D. Contar con información técnica preliminar completa y disponible	Impulsar un cambio de paradigma, de manera que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible para el desarrollo de proyectos nuevos de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada

Los medios identificados pueden alcanzarse a través de una estrategia de mejora con enfoque técnico y administrativo, es objetivo principal de esta tesis mejorar esos aspectos para contribuir a mejorar el escenario problemático a nivel macro, considerando un hecho que la base técnica del proyecto ejecutivo son los estudios básicos y si la información de ingeniería básica es correcta y oportuna, hay mayor sustento para la toma de decisiones y en consecuencia se tiene un proyecto bien elaborado.

Por consiguiente, la hipótesis inicial es que definir una estrategia integral de gerencia de proyectos para mejorar el proceso de realización de los estudios básicos asociados a las técnicas de construcción de muelles puede mejorar la situación problemática descrita al inicio como solución desde la perspectiva técnica y de gestión.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA TESIS**

### **Objetivo general de la tesis**

Crear una estrategia de gerencia de proyectos para la mejora de la problemática detectada en el proceso de realización de los estudios básicos que se requieren para proyectar muelles, con lo cual se busca contribuir en la práctica a reducir desde un enfoque técnico y de gestión los incrementos en costo y tiempo que existen debido a que los estudios son desarrollados de manera insuficiente.

### **Objetivos particulares**

- Describir a grandes rasgos las metodologías útiles para la mejora, el estado del arte de estas formas de trabajo y su aplicación al proceso.
- Buscar la integración de tecnología novedosa para conseguir la mejora del proceso.
- Proponer una estrategia de acciones completa involucrando alcances de los estudios básicos, la organización del equipo de trabajo y la integración de la información obtenida.
- Destacar la importancia del personal encargado de la gerencia de proyectos de construcción de muelles, proponer un perfil profesional y destacar las actividades a realizar.
- Definir las ventajas de la estrategia propuesta y dar a conocer las limitaciones existentes.
- Lograr que el proceso de realización de estudios sea más eficiente.

### **Metas**

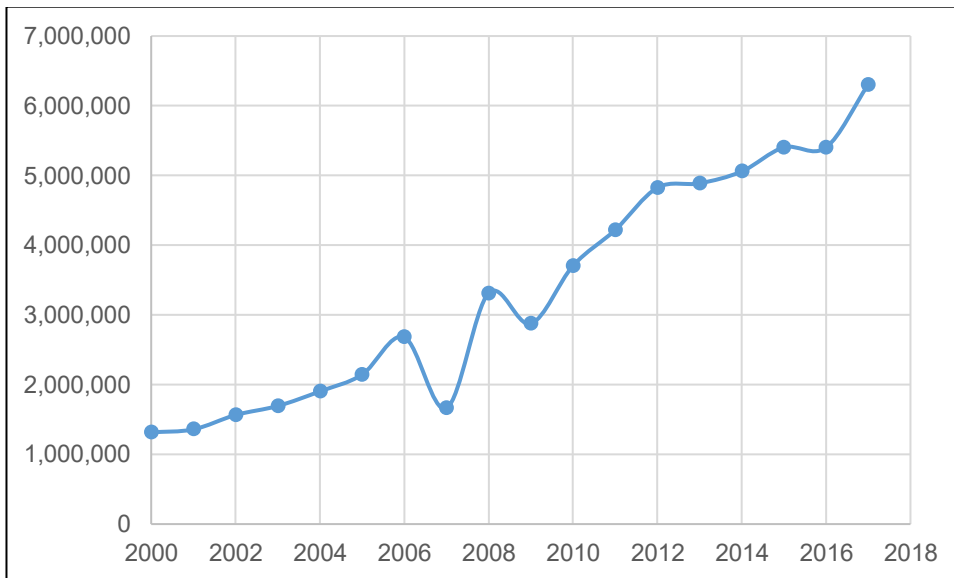
- Contribuir a hacer más eficiente el desarrollo de obras marítimas, específicamente la construcción de muelles.
- Mejorar el proceso de realización de los estudios de ingeniería básica indispensables para la construcción de muelles.
- Crear un precedente para aplicar metodologías como BIM, LEAN O AGILE en el desarrollo de proyectos de obras marítimas en México, para integrar la información de mejor forma y hacerla accesible, mejorar la dinámica de los equipos de trabajo y optimizar el proceso.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

México es un país con una ubicación y geografía muy afortunada, con acceso a los océanos Pacífico y Atlántico, esta localización convierte a nuestro país en un excelente punto logístico, es por eso que el Sistema Nacional Portuario está conformado por un total de 117 puertos y terminales que aprovechan los miles de kilómetros de costa que hay en el territorio mexicano.

Actualmente el comercio mundial ha tenido un avance muy acelerado cuyo origen está en la dinámica de globalización que se vive desde décadas atrás, por esta razón cada vez hay nuevos requerimientos en la infraestructura que permite el transporte y la distribución de los productos que se comercializan. (López et al., 1999)

En México existe alta actividad comercial con el exterior, una cantidad importante de los productos que se comercializan con los países extranjeros es transportada a través de vehículos marítimos, para llevar a cabo el embarque y desembarque de esta mercancía se requieren obras marítimas construidas con altos estándares de calidad y bajo esquemas técnicos de primer nivel con el fin de que el estado de servicio de estas obras sea el adecuado durante su periodo de servicio, por esta razón es fundamental poner atención durante todas las fases de desarrollo de los proyectos de obras marítimas.



**Figura 7. Crecimiento del tráfico comercial por vía marítima en México (TEU: Unidades equivalentes a veinte pies), (Banco Mundial, 2018)**

En resumen, México es un país con una actividad marítima muy intensa y por tal motivo los muelles deben ser construidos de modo que ofrezcan el servicio y la funcionalidad que se requiere bajo un esquema de eficiencia, para garantizar esto, es fundamental un buen manejo del proyecto de construcción en todas sus fases y para lograrlo se debe mejorar su realización a partir de acciones estratégicas.

## 1.6 ALCANCE DE LA TESIS

La tesis tiene como alcance **proponer** una estrategia de mejora a la etapa de estudios básicos para los proyectos mencionados, además se busca mostrar la forma en la que se pueden **aplicar** las acciones estratégicas planteadas en un caso práctico correspondiente al desarrollo de las investigaciones de ingeniería para el Muelle Granelero No. 3 del Puerto de Tuxpan, Ver. Finalmente, la propuesta es **evaluada** comparando los resultados de esta con los de la forma tradicional de trabajar.

## 1.7 METODOLOGÍA DE LA TESIS

Se usan diversas metodologías a lo largo de la tesis, sin embargo, el planteamiento se hace siguiendo la filosofía LEAN, se utiliza ese enfoque de gestión de procesos para proponer una solución hipotética al problema de la investigación y posteriormente se desarrolla la estrategia de gerencia de proyectos para el caso planteado en este trabajo.

La identificación del problema, así como la definición de los objetivos y el alcance de la tesis se hizo a través del método de resolución de problemas PDCA de mejora continua, haciendo uso de técnicas heurísticas y de un juicio de expertos, se detectaron las causas del problema desde distintos enfoques y se plasmaron en un diagrama de Ishikawa, posteriormente esta situación se modeló en un árbol de problemas en el que se identificaron las causas técnicas y los efectos de la problemática para identificar el objetivo principal, los medios para llegar a él y los fines que se alcanzan al poder conseguirlo.

La determinación de los medios para atacar la problemática se hizo también siguiendo los principios de la mejora continua, se buscó una forma de trabajo que agrupara a los medios bajo un esquema de gerencia de proyectos, para poder determinar esto se hizo una investigación en distintas fuentes de consulta sobre técnicas y metodologías para la mejora de procesos, se detectó que con un solo enfoque no era posible tener una estrategia integral, por lo que se decidió fusionar aspectos de cuatro metodologías para constituir una estrategia eficaz.

El marco teórico que sustenta esta tesis incluye la definición de las metodologías usadas, así como el estado del arte de las mismas, para su redacción se hizo una investigación en fuentes bibliográficas y telemáticas y se procesó la información para presentar un extracto de los principios y fundamentos.

La información sobre el proyecto ejecutivo de construcción de muelles, las técnicas de construcción y los detalles sobre los estudios básicos asociados se hizo recopilando información de diversas fuentes y vertiendo la experiencia del autor en el desarrollo de investigaciones de ingeniería para proyectos de muelles.

El diseño de las estrategias tomó como base lo recopilado hasta el momento sobre la detección del problema, las metodologías útiles y el procedimiento de elaboración de los estudios, y se desarrolló también bajo la filosofía de la Mejora Continua de LEAN.

La aplicación de las estrategias se realizó sobre el proyecto del Muelle Granelero No. 3 de Tuxpan cuyo proyecto fue realizado en 2017, fue posible recopilar información al respecto gracias a que se obtuvo la autorización para utilizar los datos de los estudios básicos, el ejemplo muestra la forma de implementar la gerencia de proyectos en la integración de la información y en la forma de coordinar en una simulación. La evaluación para encontrar las ventajas se hizo comparando lo realizado en 2017 para el proyecto del muelle de Tuxpan con lo simulado.

## 1.7 LIMITACIONES DE LA TESIS

Se trata de un panorama nuevo aplicado a la realización de estudios básicos para muelles, por tal motivo las comparaciones de la forma tradicional de trabajar con la forma propuesta serán en su mayoría cualitativas y en el caso de ser cuantitativas, algunas cantidades son estimadas.

El autor no es experto en el software utilizado para el modelado de la información obtenida en los estudios básicos, el desarrollo del modelo presentado es específicamente conceptual, la paquetería usada se presenta como una sugerencia para su uso en trabajos similares.

Las versiones del software sugerido para el modelado de la información y la gestión es comercial dedicado a la industria de la construcción, las posibilidades de aplicación mostradas corresponden a las licencias estudiantiles que se descargan desde las páginas de las empresas que los venden y distribuyen.

La información utilizada sobre el Muelle Granelero No. 3 corresponde a la proporcionada para su uso académico, datos con mayor detalle o información específica del diseño del muelle real no es incluida por lo tanto se hacen adecuaciones para poder desarrollar el trabajo bajo el concepto que se quiere mostrar: la aplicación de las estrategias de gerencia de proyectos, sin ser estricto con la realidad de la obra.

## REFERENCIAS DEL CAPÍTULO

1. Auditoría Superior de la Federación, México, (2017, octubre). "Problemática General en Materia de Obra Pública y Servicios Relacionados con las Mismas 2011-2017" [versión electrónica], recuperado el 15 de enero de 2020, de los Informes Especiales de la Auditoría Superior de la Federación.
2. ROBLEDO Cabello, Luis F., (2019), Presentación, Gerencia de proyectos de infraestructura, *Foros en el marco del 30 Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 111-112.
3. LÓPEZ, Héctor; PINDER, Julio; PIZA, Juan; MACDONEL, Guillermo HERREJON, Luis, (1999), *Ingeniería Marítima y Portuaria*, México, Editorial Alfaomega
4. BANCO MUNDIAL, (2018), Tráfico marítimo de contenedores (TEU: unidades equivalentes a 20 pies), Recuperado el 7 de abril de 2020 de la base de datos del Banco Mundial.

## **2. MARCO TEÓRICO**

---

Las acciones estratégicas que se proponen en el Capítulo 4 están diseñadas para implementarse como parte del quehacer de la gerencia de proyectos para la etapa específica de estudios básicos, por tal motivo, es conveniente describir en qué consiste la gerencia de proyectos, las metodologías útiles, las herramientas que pueden auxiliar a realizar mejor las tareas, así como el estado del arte en México de la aplicación de estos métodos, haciendo énfasis en lo correspondiente a las obras marítimas.

La razón de incluir varias metodologías de gestión de proyectos dentro del índice de este marco teórico es porque al revisar la literatura sobre herramientas y métodos útiles para una adecuada gerencia se decidió que para crear una estrategia integral y efectiva es necesario fusionar los aspectos más importantes de cada enfoque y adecuarlos a la situación específica que se aborda en el presente trabajo.

### **2.1 LA GERENCIA DE PROYECTOS**

La gerencia de proyectos es una actividad profesional indispensable para garantizar los objetivos previstos en la planeación de un proyecto y para lograr una mayor eficiencia en el uso de la inversión en obra. (Nava, 2019, p.118)

Para el Project Management Institute (2017), gerencia de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas de administración, optimización e integración de recursos a las actividades con el fin de dirigir adecuadamente un proyecto.

Considerando lo expuesto en estas definiciones, la gerencia de proyectos es una actividad que se desarrolla a lo largo de todas las etapas, por lo tanto, los encargados de llevarla a cabo realizan las siguientes tareas:

- Planear, programar y administrar los trabajos, los recursos y los insumos necesarios para integrar y coordinar las actividades de las distintas especialidades.
- Manejar la comunicación interna con y entre las diferentes áreas; gestionar la comunicación externa, el trato con proveedores y contratistas.
- Definir con claridad los objetivos del proyecto, así como su viabilidad y alineación con las estrategias de la institución promotora.
- Dar seguimiento a los trámites requeridos.
- Asegurar la contratación de personal capacitado.
- Gestionar el cumplimiento de la ejecución en cuanto a calidad, costos y pactos establecidos.
- Análisis y manejo de riesgos.
- Establecer controles de procedimientos, métricas y programas para dar seguimiento a los procesos y gestionar los cambios necesarios. (Medina, 2019, p. 113)

El PMI menciona que los proyectos dirigidos de manera deficiente pueden conducir al incumplimiento de los plazos acordados, sobrecostos, calidad deficiente, retrabajo,



perdida de reputación de la organización, interesados insatisfechos e incumplimiento de los objetivos del proyecto. (PMI, 2017)

En resumen, **la gerencia es la guía del proyecto e interviene desde la concepción de la idea hasta la entrega de la obra y en algunos probablemente siga acompañando en la operación, mantenimiento y desmantelamiento**, por tal motivo, la gerencia se involucra en todas las actividades y procesos, los sigue de cerca y se relaciona con todos los especialistas y equipos involucrados, por tal motivo, es necesario desarrollar una estrategia que involucre una serie de técnicas y habilidades que permitan guiar con buen rumbo el proyecto a su ejecución con éxito.

## **2.2 ESTADO DEL ARTE DE LA APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE GERENCIA DE PROYECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

### **Antecedentes en la gestión o gerencia de proyectos**

Desde la prehistoria, las construcciones han sido desarrolladas siguiendo técnicas diversas, sin embargo, en los primeros casos esto no fue documentado y es difícil saber a detalle cuáles fueron los métodos de dirección usados, sin embargo, en esta breve reseña se presentan acontecimientos clave sobre la implementación de algunos de ellos.

La gerencia de proyectos, comenzó a definirse hace apenas unas décadas. A partir de los años sesenta, las empresas e instituciones observaron las ventajas de organizar el trabajo en forma de proyectos.

Una de las primeras instituciones en documentar un **método para la dirección de proyectos fue el Project Management Institute (PMI) en una publicación llamada el PMBOK (“A Guide to the Project Management Body of Knowledge”)**, el instituto fue fundado en 1969 con el objetivo de estandarizar información y prácticas generalmente aceptadas en la gestión de proyectos. La primera edición fue publicada en 1987. La segunda versión se realizó basándose en los comentarios de los miembros de PMBOK entre 1996-2000. (PMI, 2017)

A partir de 1998 la guía creada por el PMI es reconocida como estándar por el American National Standards Institute (ANSI), y más adelante el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). El 6 de septiembre de 2017 se publicó la versión 6 de la guía del PMBOK, la versión más reciente. (PMI, 2017)

Los lineamientos establecidos en el PMBOK se aplican en diversas industrias debido a que en muchas áreas es posible trabajar con enfoque de proyectos, por eso su aplicación no es exclusiva de la industria de la construcción.

En México, a partir del año 2015 el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM), llevó a cabo un primer foro de Gerencia de Proyectos, a partir de ese año empezó a haber interés del gremio ingenieril para impulsar el tema en el país, principalmente en el sector público. (Robledo, 2019, p. 111)

Recientemente han surgido metodologías ágiles en el sector del desarrollo de software, estas tienen mucho potencial para implementarse en la gestión de proyectos y comienzan a ser utilizadas en industrias distintas a la informática. Las metodologías ágiles surgen como una alternativa, una reacción a las metodologías tradicionales y sus estructuras de trabajo robustas. (Carvajal, 2008, p. 81)

Las metodologías ágiles surgieron del 11 al 13 de febrero de 2001, a través del Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software, representantes de Extreme Programming, SCRUM, DSDM, Adaptiva Software Development, Crystal, Feature-Driven Development, Pragmatic Programming y otros simpatizaron con la necesidad de una alternativa a la documentación y procesos de desarrollo de software pesado". (Highsmith, 2001)

### **Antecedentes en el sector de la construcción**

Hablando del sector de la construcción, en Estados Unidos surgió el **principio BIM**, esta metodología implica el modelado de la información asociada a la construcción utilizando software especializado.

En Europa y Asia, BIM se ha visto desarrollada gracias al impulso del gobierno; en países como Dinamarca, Finlandia, Noruega, Emiratos Árabes Unidos, Reino Unido, Francia, Singapur o Hong Kong ha habido mandatos gubernamentales para su uso en proyectos de construcción. Es el Reino Unido el país que ha mostrado mayor madurez en cuanto a la implementación de BIM como parte de una política pública.

En algunos otros países se han beneficiado con la implementación de BIM sin la necesidad de la intervención del gobierno, esos países son Australia, Bélgica, República Checa, Italia, Nueva Zelanda, Países Bajos, Portugal, Suiza y Qatar. Además, existen otros países que ya están definiendo estrategias para adoptar BIM de forma oficial, estos son: Brasil, China, Chile, Perú, Canadá y Alemania. (Rodríguez, 2019, p. 9-11)

En México, antes de que BIM surgiera, empresas públicas como CFE y PEMEX comenzaron a desarrollar sus proyectos usando Modelos Electrónicos Tecnológicos Inteligentes (METI) a través de plataformas que adquirieron, sin embargo, esta forma de trabajo resultó ser muy abstracta y no completaba todo el círculo de procesos del proyecto, Esta forma de trabajo puede considerarse como el primer acercamiento en México hacia la metodología BIM. (Rodríguez, 2019, p. 9-11)

Entre 2004 y 2006, la metodología BIM empezó a difundirse entre las constructoras privadas como forma de buscar mejorar sus procesos.

ICA en 2009 fue la primera constructora mexicana que implementó la metodología, creó la rama llamada ICA BIM en la que se utilizaron modelos tridimensionales para detectar de manera oportuna incongruencias, interferencias y faltantes de información, antes de iniciar la construcción del proyecto, también a partir de modelos BIM se realizaron cuantificaciones para obtener presupuestos más precisos y ganar licitaciones. El BIM en ICA también fue utilizado para generar elementos estructurales prefabricados.

A partir de las acciones que tomó ICA, comenzó a crecer la popularidad de BIM, se generaron una serie de acciones para fomentar su implementación en diversos proyectos.

En 2014 se constituyó el grupo BIMx, esta organización llevó a cabo el primer encuentro de empresas usuarias de la metodología BIM para mostrar las posibilidades y beneficios de su implementación en la industria de la construcción. A partir de esta ocasión se ha llevado a cabo diversos coloquios y congresos relacionados a la implementación de la metodología de proyectos en México.

Surge BIM Fórum en 2015, una propuesta de estrategia de implementación de la metodología BIM, relacionada a la Cámara de la Industria de la Construcción (Rodríguez, 2019, p. 9-11)

En el ámbito de la construcción de obras marítimas, el Nuevo Puerto de Veracruz es el primer complejo construido integralmente usando tecnología BIM en el proceso, esta obra es una nueva terminal de contenedores con capacidad para manejar 1 millón de contenedores de mercancías que serán vigilados por un sistema con capacidad para monitorear, transmitir, almacenar y analizar información. (Lomelí, 2017)

## 2.3 METODOLOGÍAS DE GERENCIA DE PROYECTOS

El término metodología hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o el conjunto de objetivos que rige una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos. (Eyssautier, 2006, p.97)

El PMI define a las metodologías de la siguiente forma: “Una metodología es un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizadas por quienes trabajan en una disciplina”. (PMI,2017)

**Para fines de este trabajo, de manera amplia en la comprensión del concepto, las metodologías de gerencia de proyectos son aquellos sistemas conformados por principios prácticas, técnicas, procedimientos racionales y reglas o estándares utilizados para llevar a cabo las tareas de la gerencia de proyectos y alcanzar los objetivos establecidos, los cuales puede combinarse para obtener los mejores resultados. Estas metodologías no necesariamente deben ser sistemas complejos de “pila completa” (incluyendo desde los principios hasta los estándares), para ser llamados metodologías de gestión de proyectos, este concepto flexible permite justamente extraer exactamente lo que requerimos de cada una e integrarla al caso particular. (Aston, 2019)**

En la actualidad existen varias metodologías de trabajo que pueden ser aplicadas por un equipo de gerencia de proyectos para alcanzar los objetivos de un proyecto de construcción, algunas de ellas son usadas desde hace varios años en nuestra industria, mientras que otras surgieron para superar problemas de producción y organización en la industria manufacturera o el desarrollo de software, por lo tanto, los ingenieros civiles todavía no las aplican de manera convencional, pero, son potencialmente útiles para gestionar proyectos de construcción.

Hoy día la industria de la construcción y los despachos que desarrollan los proyectos se enfrentan a grandes retos: recursos limitados, tiempos ajustados, competencia global, etc., una forma de afrontar estos retos ha sido a través de la adopción de tecnología y metodologías de trabajo que permiten el desarrollo de un ambiente colaborativo en proyectos que involucran a varios especialistas.

Hay muchas formas de realizar la gerencia de proyectos (metodologías), la labor de los profesionales a cargo es aplicarlas con creatividad e ingenio para ayudar a estructurar de mejor forma el modo en que se desarrolla y entrega un proyecto.

La profundidad de cada una de las metodologías de trabajo es distinta, algunas son muy generales y el planteamiento se parece al de una filosofía mientras que otras son muy específicas en su proceder que incluso todo en ellas está estandarizado, otras más son metodologías de “pila completa” que establecen temas, principios, procesos y pasos para elaborar un proyecto. (Aston, 2019)

Se revisaron varias metodologías de gestión de proyectos, sin embargo no todas se adecuan a la naturaleza de los trabajos que estudiamos en esta tesis, por tal motivo se seleccionaron las más adecuadas para ser la base metodológica de la estrategia que se presenta como producto de este trabajo, la justificación del uso de cada una de ellas se presenta en el apartado metodológico del capítulo 4 de este trabajo y la utilidad con respecto al desarrollo de estudios básicos para el proyecto de construcción de muelles se anota en la Tabla 2.

En la Figura 8, se muestra qué tan específicas son las metodologías empleadas, LEAN y BIM están planteadas como filosofías de trabajo, AGILE define una lista de principios bien definidos a partir de los que parten los marcos de trabajo SCRUM y KANBAN, finalmente, la metodología del PMI estructurada en torno a procesos es la más específica al ser constituida por una lista extensa de estándares.

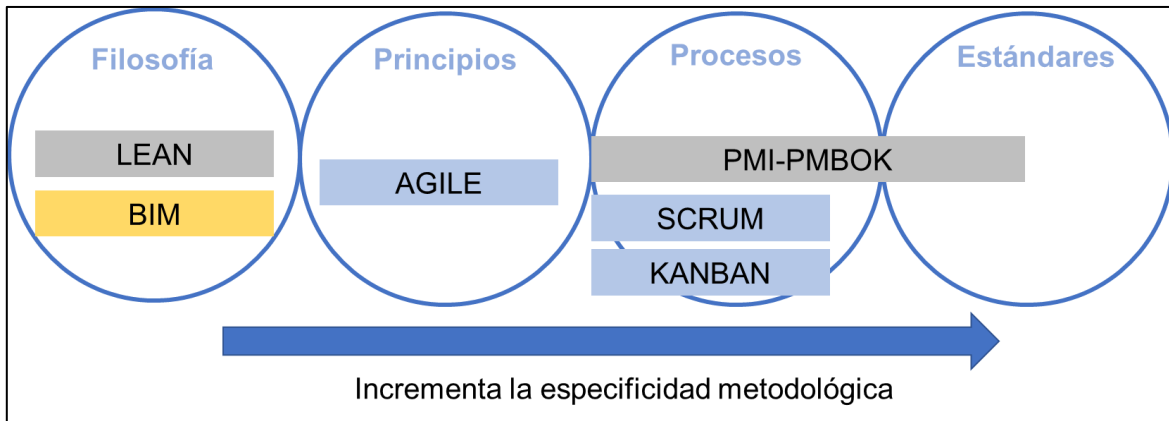


Figura 8. Metodologías de la Gerencia de Proyectos (Aston, 2019)

En la tabla siguiente se menciona por qué es útil para este trabajo el implementar cada metodología para conseguir el objetivo de esta tesis;

Tabla 2. Utilidad de las metodologías de gerencia de proyectos en la estrategia de mejora de la realización de los estudios básicos. (Aston, 2019)

METODOLOGÍA	UTILIDAD EN LA ESTRATEGIA DE MEJORA DE LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS
<p><b>AGILE</b></p>	<p>Es usada en el desarrollo de software, pero en este caso de estudio ayudaría al equipo de trabajo que se compone por especialistas de distintas áreas técnicas que no siempre trabajan juntos a integrarse, gestionar las actividades y recursos, responder a los imprevistos, a trabajar con flexibilidad y a enfrentar los riesgos que puedan presentarse.</p> <p>Otra utilidad es el enfoque situacional de los principios ágiles, a través de esto es posible gestionar cada uno de los proyectos de forma personalizada y no como un proceso estandarizado en sí, cada proyecto de estudios básicos tiene sus propias características y eso es importante,</p> <p>Entre las implementaciones de los principios ágiles que son útiles tenemos a <b>SCRUM</b>.</p> <p><b>SCRUM</b> mejora la comunicación, el trabajo en equipo y la velocidad del desarrollo del proyecto elaborado por especialistas de distintas áreas. Se adapta a las características de los equipos de trabajo que</p>

	desarrollan estudios básicos: equipos reducidos, autogestionados y multidisciplinarios.
<b>BIM</b>	A través de software basado en <b>BIM</b> es posible hacer un modelo digital de la información obtenida en los estudios básicos (topografía y geotécnica principalmente), sobre el cuál se modela la estructura del muelle completa junto con los aditamentos, esto permite tener toda la información en el mismo repositorio, perfectamente integrada y disponible para que todos los especialistas y tomadores de decisiones participantes puedan acceder a lo largo de las etapas del proyecto y para situaciones posteriores.
<b>LEAN</b>	<p><b>LEAN</b> es útil como parte de la estrategia de mejora porque racionaliza y elimina lo innecesario para ofrecer más con menos, esto es: estudios realizados con mayor eficiencia.</p> <p><b>LEAN</b> puede aplicarse a través de la <b>MEJORA CONTINUA</b> que permite optimizar el flujo de las actividades, eliminar lo innecesario y que el proceso en su conjunto sea más eficiente.</p> <p>Por otra parte, otra aplicación útil es el sistema <b>KANBAN</b>, puesto que mejora el rendimiento del equipo aumentando el enfoque del equipo en las tareas importantes, mejora la velocidad y la calidad de la entrega al aumentar la visibilidad del trabajo en progreso y limitando el quehacer multitarea.</p>
<b>PMBOK del PMI</b>	<p>La utilidad de esta forma tradicional de gerencia de proyectos es la forma de desarrollar los proyectos: planificar completamente y luego ejecutar las fases. Tener una estructura de trabajo global es fundamental en el momento de llevar a cabo los estudios básicos para el proyecto de muelles y por eso es importante considerarlo como parte de la estrategia.</p> <p>Además, es importante retomar varios de los estándares de gestión de proyectos que sugiera como buenas prácticas, por ejemplo: la definición del perfil del gerente de proyectos.</p>

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE GERENCIA DE PROYECTOS

### 2.4.1 BIM

De acuerdo con la International Organization for Standardization, **BIM tiene dos significados**, el primero se refiere a una metodología y el segundo corresponde al modelo generado (producto).

El BIM o Building Information Modeling es una metodología colaborativa interdisciplinaria que conjunta herramientas, procesos y tecnologías digitales que son útiles para generar información y documentación sobre un proyecto de construcción durante todo su ciclo de vida. (Rawlinson, 2015)

La metodología BIM es una de las más utilizadas dentro de la construcción, en comparación con los otros métodos que se describen en este capítulo. Como método de trabajo busca lo siguiente:

- Ambiente colaborativo y estandarizado en el que los interesados se involucren desde etapas iniciales.
- Contribuir en un solo espacio a la construcción de un modelo lo más realista y coordinado posible.
- Tomar mejores decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto al contar con una base de datos bien generada. (Kensek, 2014)

**El BIM o Building Information Model** es la representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación o infraestructura, es un recurso de conocimiento compartido para obtener información formando una base de datos confiable para los decisores durante su ciclo de vida, desde la primera concepción hasta la demolición. (Keyes et al., 2015)

Un modelo BIM generado es muy rico en datos, orientado a objetos representados de forma inteligente y paramétrica del cual puede ser extraída información para ser analizada y así tomar una decisión para manejar los procesos de entrega del proyecto.

Un modelo BIM adecuado debe tener las siguientes características para ser verdaderamente útil (Underwood Jason, 2010):

- Orientado a objetos: Cada elemento virtual corresponde a un objeto en la construcción o su medio físico.
- Datos completos, claros y adecuados: La información que alimenta al modelo debe ser suficiente para describir a detalle todas las características físicas y funcionales de los objetos que lo integran.
- Tres dimensiones y generación de vistas de soporte: El modelo debe representar en realidad virtual, a tres dimensiones, la geometría de la construcción y su entorno.

- Relaciones espaciales: Las relaciones espaciales entre elementos de construcción se mantienen de forma jerárquica en los modelos BIM, permitiendo varias representaciones geométricas.

Se tiene muy difundido en el ámbito de la construcción que BIM es un único paquete de software que basta para que el proyecto sea generado en BIM, esta confusión ha sido ocasionada por la publicidad de las casas programadoras que han confundido a muchos de los integrantes de la industria. Se requiere más que un software para hacer funcionar la metodología BIM, sin embargo, es un hecho que existe software especializado a través del que es posible integrar todos los datos.

Los **beneficios** que aporta la metodología BIM a un proyecto de construcción son:

- Tecnológicamente, las plataformas de software que trabajan bajo el esquema BIM son compatibles, la mayoría de los procesos y formatos son interoperables, esto facilita la productividad y evita la pérdida de tiempo en el retrabajo.
- Es posible tomar decisiones clave desde fases tempranas, como se puede ver en el diagrama comparativo de Autodesk (Figura 9), la mayoría de los actores del proyecto se involucra desde etapas iniciales.
- Se reduce el tiempo que emplean los despachos en el dibujo y la creación de entregables antes de iniciar la construcción, la carga de trabajo se centra en la fase de modelado como se ilustra en la Figura 9 (BIM tiene un peso importante durante la fase de concepción y diseño del proyecto).
- Se tiene en un mismo repositorio ordenado toda la información relativa al proyecto y no esparcido entre los miembros del equipo, documentación en papel, documentación digital, etc.
- Un modelo BIM permite extraer datos referentes a ubicación, dimensión, medición, material, etc. de todos los elementos modelados. La modificación de cualquiera de ellos se actualiza automáticamente en toda la documentación asociada. Esto es muy útil a la hora de revisar y extraer información. Igualmente permite cuantificar cambios con mayor fiabilidad.
- La detección de interferencias y omisiones, esto permite resolverlas antes de construir lo que se traduce en un ahorro considerable de tiempo y costo en el transcurso de la obra.



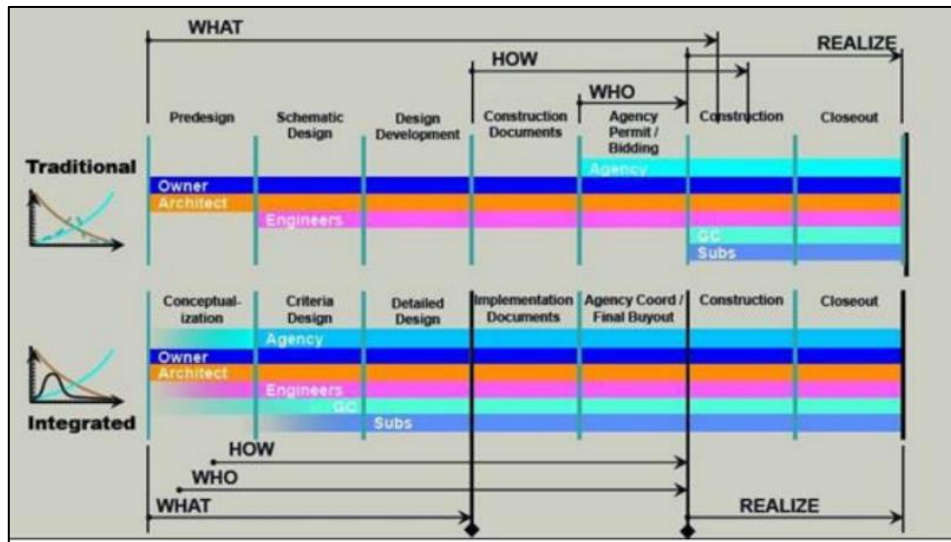


Figura 9. Comparación entre la metodología BIM y la forma tradicional de trabajo.  
(Obtenida del sitio oficial de Autodesk)

BIM es una metodología con una componente social muy fuerte, implementarla supone un cambio de paradigma de trabajo en las constructoras y despachos de ingeniería hacia la colaboración y el verdadero trabajo integrado en los equipos, dejando de lado el individualismo, en la industria de la construcción existe una tendencia a abordar un proyecto con los mismos métodos que han funcionado en el pasado, además el conocimiento acerca de la forma de realizar el trabajo y la conceptualización de gran visión del proyecto generalmente está concentrado en las mentes de los líderes del proyecto individuales, esto conduce a un conocimiento fragmentado en el que cada uno de los integrantes del grupo de trabajo queda al tanto únicamente de la sección que le toca realizar y difícilmente puede ver cómo su parte se integra a la totalidad del proyecto. (Holser Epart, 2015)

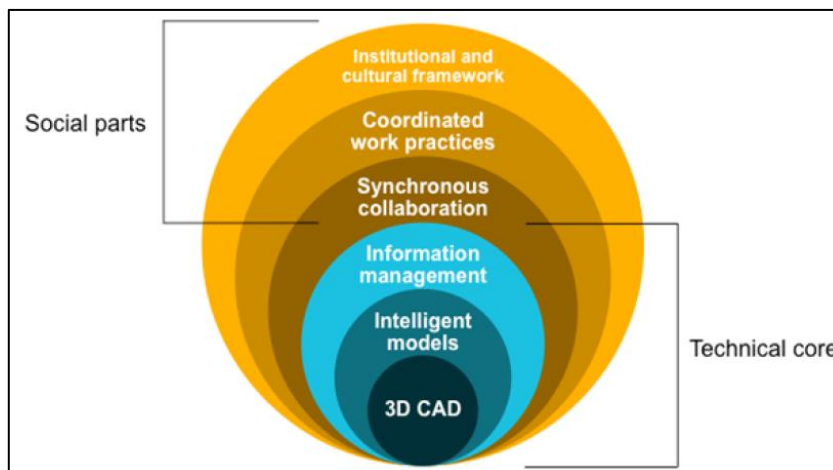


Figura 10. Composición social y tecnológica de BIM como metodología.  
(Obtenida de BIMe Initiative, 2005)

Para BIME Initiative (2005), la metodología puede ser vista como un sistema tecnológico-social con una base tecnológica sobre la que existen capas de componentes sociales, personalmente considero que la tecnología es el factor clave para que los aspectos sociales de la metodología sucedan: compartir información, trabajar colaborativamente, etc.

La implementación de BIM en una estructura laboral implica que los individuos participantes deben estar abiertos al cambio de alguno o varios de los procesos que tradicionalmente realizaban para lograr mejores resultados.

La gestión de un proyecto BIM es realizada por todo el equipo de trabajo, los miembros juegan distintos roles dentro del proyecto. Un rol implica un conjunto de funciones y responsabilidades asignados, cada uno puede ser realizado por más de una persona y también, cualquier miembro puede asumir más de un rol para el que debe ser competente.

Los **principales roles** de cualquier proyecto BIM son (Equipo BIMnD):

- BIM Manager o director BIM: Su trabajo consiste en coordinar y liderar la buena implantación de la metodología BIM en todo el proceso, asegurando un buen flujo de comunicación, participación y distribución de recursos entre todas las partes involucradas y el modelado del proyecto, compartiendo los beneficios y buscando soluciones ante las dificultades.

Las funciones, responsabilidades y competencias de un BIM Manager son: Elaboración e implementación del plan de trabajo BIM, definir los estándares BIM durante todo el ciclo de vida del proyecto, definir los cronogramas, hacer su seguimiento y favorecer la buena comunicación entre las partes, coordinar la asignación de funciones del resto de roles BIM del proyecto, organizar y garantizar la formación necesaria, así como las condiciones contractuales y operacionales para las personas involucradas, definir cómo realizar el intercambio de documentos entre programas, servir de nexo de unión entre las distintas especialidades para garantizar la coordinación del modelo colaborativo y anticiparse a las posibles interferencias, planificar y hacer seguimiento de las acciones o estrategias necesarias para adecuar los procesos con los objetivos de dirección, establecer protocolos y estándares de uso para los diferentes agentes durante el ciclo de vida del proyecto en función de la orden de los cambios de información, especificar los controles de calidad a efectuar a nivel de proyecto y hacer el seguimiento y reportar sobre los resultados del proyecto

- Facility Manager o Gestor de Servicios: Entre las funciones, responsabilidades y competencias del Facility Manager (gestor de servicios) destacan el asegurar el buen funcionamiento y mantenimiento de todos los servicios de manera que satisfagan las necesidades organizativas, las de sus empleados y la de los clientes de una manera eficiente, Supervisión, Contratación y Gestión vinculada a los proveedores de servicios (desde la seguridad, limpieza, jardinería, recepción, catering, tecnología, mantenimiento, vigilancia, suministros, gestión de residuos y eficiencia energética, inspecciones y auditorías), controlar que toda la edificación y el espacio exterior cumpla con las normativas reguladoras de salud, seguridad y medioambiente, planificar e Implementar acciones estratégicas cuya meta sea la optimización de recursos y la mejora en temas de

eficiencia energética, negociar y llevar a cabo nuevos proyectos de construcción, renovación o reubicación de edificios, elaboración de informes y recomendaciones de mejora sobre cómo generar más valor añadido, ahorrar con BIM

- Project Manager o Jefe de Proyecto: Un project manager es la persona encargada de conseguir resultados estratégicos para negocios. Sus funciones por tanto están encaminadas a que los objetivos se cumplan, con los recursos asignados.

Las funciones y tareas del Director de Proyectos están relacionadas con: liderar el equipo responsable de alcanzar los objetivos del proyecto, coordinar todas las partes interesadas, controlar los recursos asignados al proyecto con el fin de cumplir con los objetivos marcados, gestionar las restricciones (alcance, cronograma, costo, calidad, etc.) del proyecto, aplicar un estándar para dirigir los proyectos, que en el caso de la Guía del PMBOK implica áreas de conocimiento como: integración, alcance, calendario, costos, calidad, personas, comunicaciones, riesgos y compras.

- Modelador BIM: Se encarga de representar el modelo en 3D, para ello debe estar especializado en construcción, ya que se modela como se construye. El trabajo del modelador es fundamental para dar soporte a todas las disciplinas, ya que marca las bases del modelo sobre el que todo el mundo hará su colaboración según el nivel de detalle acordado (LOD), de forma constructiva y gráfica.

Las funciones principales de un modelador BIM van desde la creación y distribución de los modelos digitales hasta la resolución de los problemas de diseño de documentación y los detalles: Exportar del modelo 2D, creación de visualizaciones 3D, de los elementos de construcción y enlazar los datos al modelo, coordinación simultánea con todos los agentes intervinientes (arquitectos, ingenieros, contratistas, proveedores...), conocimiento amplio de TIC, estándares abiertos y bibliotecas de objetos, etc.

- Implementador BIM o Consultoría BIM: Es un rol que a menudo se encuentra externalizado, ya que es la figura que ayuda a implantar la metodología BIM en una empresa. Su grado de especialización o habilidad se ubica en tres grandes áreas: implementación estratégica, funcional y operativo.

Entre las Funciones de un Implementador BIM encontramos: Vincular la BIM en el ámbito estratégico, con el modelo de negocio de la empresa y con el funcionamiento interno., dirigir las tareas de investigación y planificación implementación de futuras implementaciones, buscar soluciones tecnológicas para implementar nuevos usos del BIM, dirigir estudios de viabilidad o prototipos que permitan evaluar el éxito de futuras implementaciones, traducir sus necesidades o requerimientos al lenguaje del BIM. Redacta los requisitos de información del contratante, redactar el plan estratégico de implementación del BIM en un proyecto, y coordinarse con el BIM Manager o director de proyecto para la consecución de objetivos.

Con respecto al **proceso de trabajo**, en BIM se mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información frente a la rotura y pérdida de información en el proceso tradicional (ZIGURAT GLOBAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2018).

BIM es incremental, mantiene una línea de constante crecimiento del modelo que es alimentado con la información que aportan los especialistas involucrados, donde todos los datos embonan y se integran.

Además, para que la transformación a BIM en la organización sea eficaz, debe tener un proceso gerencial regido por los siguientes **valores**:

- Toma de decisiones: Es necesario definir a conciencia las metas, los objetivos y los caminos a recorrer para tener éxito en cada proyecto relacionado con la transformación a BIM.
- Coordinación: Después de definir las metas y planes para el proyecto, el BIM Manager debe organizar los recursos humanos y materiales necesarios para alcanzar los objetivos establecidos. Además, es necesario coordinar el flujo de trabajo, es decir, el papel de cada persona y su desempeño en el proyecto.
- Liderazgo: El liderazgo en el BIM Manager tiene la función de unir los esfuerzos individuales de cada miembro del equipo para alcanzar en grupo los objetivos del proyecto.
- Control: El control es esencial para que todo el proceso se desarrolle según lo previsto y para prever y evitar errores y malentendidos. Control significa medir el desempeño de un proyecto BIM y compararlo con otro para estudiar la evolución de la implementación de BIM, las medidas de control pueden ser el tiempo invertido en el proyecto, las horas de trabajo de cada empleado o la inversión financiera.

Las instituciones que promueven el uso de la metodología BIM como herramienta de mejora en distintos países han generado estándares y definido documentos con el objetivo principal de tener un mismo lenguaje de comunicación y procesos con cierta unidad, a continuación, se describen algunos de ellos: (Rodríguez, p.11, 2019)

- **IER**: Es un documento emitido por el cliente o contratista donde se especifican las normas y procesos a ser adoptados por el proveedor como parte del proceso de entrega, especificando claramente las necesidades técnicas que se deben cubrir en el proyecto, cuándo y cómo deben hacerse las entregas y los alcances del proyecto o servicio que se solicita. Es un documento que se debe emitir antes de la licitación. (University of Cambridge, 2007)

En el ámbito nacional, este documento se conoce como "Términos de referencia".

- **Plan de ejecución BIM**: Es un documento que se redacta con la finalidad de desarrollar los procedimientos estructurados que estimulen la planificación y comunicación directa en el equipo del proyecto, este plan no es rígido porque permanece vivo a lo largo del desarrollo. Es recomendable que el plan de ejecución sea generado antes de comenzar el proyecto donde se va a colaborar

con BIM para establecer los estándares con los que estará regido el proyecto. (Penn State CIC Research Team, 2010)

- Estándares ISO: Las normas ISO regulan muchos procesos en diversas industrias, actualmente los trabajos de normalización de BIM a nivel internacional están a cargo del *Subcomité ISO/TC59/SC 13, Edificación y obra civil. Organización de la información de los trabajos de construcción*. Existen varias normas ISO enfocadas a los procesos BIM, a finales de 2018 se publicaron dos estándares sobre organización, flujos de trabajo y entrega de activos. (Rodríguez, p.13, 2019)

En México está muy poco difundida la implementación de los estándares ISO relativos al BIM, es muy probable que en el futuro inmediato se requiera su implementación como exigencia normativa.

- Level of Development (LOD): LOD o Nivel de Desarrollo es el estándar que detalla la descripción del contenido gráfico y no gráfico en modelos en cada una de las etapas definidas, permite a los autores designar el detalle de un elemento para que no se interprete erróneamente la precisión con que fue modelado.

El estándar LOD permite conocer cuando estarán disponibles ciertos datos para que personas que intervienen en fases posteriores puedan planificar su intervención en el proyecto. (Rodríguez, p.17, 2019)

- Level of Information (LOI): Es la definición de información no gráfica de un proyecto que nos permite saber información detallada del mismo. Dentro de los documentos relevantes que pueden elaborarse para llevar a cabo esta definición están: matriz de objetos del NATSPEC, las especificaciones LOD Segunda Parte y la matriz de información de entidades (Rodríguez. p.18, 2019)
- Level of Detail (LoD): Es la medida cualitativa de información visual proporcionada, los adjetivos con los que se califica el nivel de detalle son: esquemático, conceptual, definido, consistente y finalmente realista. (Rodríguez, p.11, 2019)
- Industry Foundation Class (IFC): El estándar de archivos BIM de más amplio uso es el Industry Foundation Class (IFC), es un formato de intercambio que recoge procesos, datos términos, diccionarios y especificaciones para la coordinación de proyectos dentro del proceso de traducir la información generada en un software BIM a este archivo IFC. (Rodríguez. p.19, 2019)

El formato IFC es un estándar abierto para especificaciones BIM que son intercambiadas y compartidas entre varios participantes durante el ciclo de vida del proyecto, está definido en la Norma ISO 16739, "Industry Foundation Class (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries". (Chuck EastMan, Paul Teichoiz, Rafael Sacks, 2008)

Actualmente, cada vez más paquetes de software deciden mejorar la interoperatividad de salida generando un archivo con este formato, de modo que BIM no está limitada solo al uso de una determinada empresa de software. (Rodríguez. p.20, 2019)

- Otros tipos de estándares y apoyos para soportar la metodología BIM: LOA (Level of Accuracy) sirve como complemento de del LOD para procesos de revisión de obra y levantamientos topográficos a base de nube de puntos. También los formatos de salidas que previamente se han usado y siguen siendo vigentes en esta metodología como son los archivos PDF, DWF, XML, principalmente, que permiten el intercambio de información en los grupos de trabajo.

El presente trabajo se centra principalmente en la **fase de diseño**, es en esta etapa junto con la planeación donde más se tienen documentados los beneficios cuando se compara con el proceso tradicional: en BIM se automatiza principalmente la producción del dibujo, BIM redistribuye esfuerzos al poner mayor énfasis en el diseño conceptual y el desarrollo del diseño. En la Tabla 3 se muestran las diferencias en el cambio de paradigma, donde destaca principalmente una reducción del tiempo de generación de diseño y se requiere una mayor atención por parte de los involucrados en esta fase,

**Tabla 3. Comparación de la metodología tradicional vs. BIM.  
(Obtenida de “Best Practice BIM”, 2015)**

Metodología tradicional con CAD	Metodología BIM
Proceso orientado al diseño	Proceso orientado a la construcción digital del edificio
Es difícil tomar decisiones en una etapa temprana por falta de información	Permite tomar decisiones claves en una etapa temprana
La principal tarea es producir planos	La tarea principal es modelar elementos que contienen información importante para la obra
La carga de trabajo se concentra en la fase de producción de documentos contractuales	La carga de trabajo se concentra en la fase de modelado de información
Generalmente no existe relación entre el mismo elemento en dos archivos diferentes	Los planos son una representación certera del modelo 3D, ya que son obtenidos a través de una vista del mismo
Cada elemento es independiente del otro	Todos los elementos del modelo están conectados unos con otros de manera paramétrica
La integración entre disciplinas se dificulta	Se aprovecha la información de otras disciplinas para poder mejorar el diseño
La coordinación entre disciplinas es muy compleja y requiere de personas con mucha experiencia para que esta resulte sin tantas omisiones	Es más fácil poder coordinar elementos que se encuentran en tres dimensiones y coordenadas compartidas

Los estándares obligados a aplicar son el Plan de Ejecución BIM y el IER para conocer las necesidades del cliente y convocar a los especialistas de las disciplinas a desarrollar.

En la Figura 11. se muestra una gráfica elaborada por Patrick Macleamy tomando como base la curva de costo vs. esfuerzo del PMI, aquí se compara el procedimiento de trabajo tradicional con BIM. Como puede verse en la Figura 11, en BIM se trabaja con mayor

esfuerzo en las etapas de diseño (modelado), que son fases en las que se puede tener un mayor control sobre el impacto de los cambios al mismo tiempo que el impacto económico de hacer cambios es reducido.

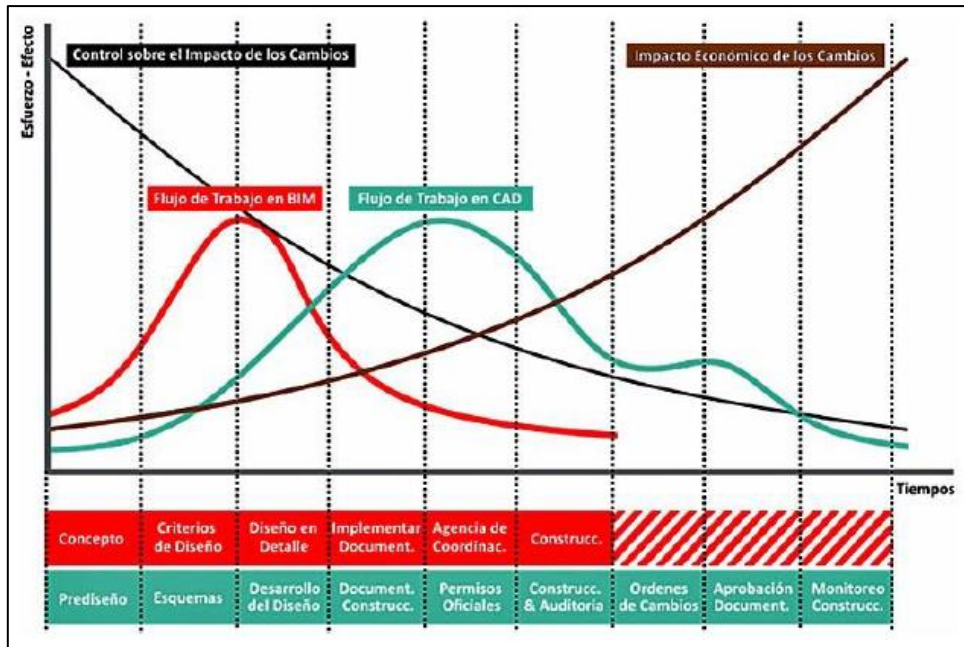


Figura 11. Curva costo vs. esfuerzo, mejor conocida como curva Macleamy (Obtenida de BIM Community)

## 2.4.2 AGILE

Agile es un conjunto de principios para desarrollar software, estos fundamentos parten de valores como la confianza, el respeto mutuo y la promoción de modelos organizacionales basados en personas, colaboración y construcción de comunidades agradables para laborar. El conjunto de principios Agile se usa como término general para sus implementaciones: Scrum, Extreme Programming (XP), Kanban, entre otras, que también son denominadas Metodologías Agiles. (Highsmith, 2001).

Las Metodologías Agiles son consideradas “ligeras” o “blandas” al ser menos robustas en la documentación generada para la planeación y durante el desarrollo y centrarse en entregar algo oportuno y tangible durante los avances y como producto final.

Agile también es visto como un movimiento que busca un equilibrio en donde se adopta el modelado, pero no para archivar los diagramas generados como simple documentación corporativa, se aceptan los documentos, pero no cientos de tomos estáticos nunca mantenidos y raramente utilizados, donde se planea, pero se reconocen los límites de la planeación en el entorno turbulento en el que se trabaja actualmente. (Highsmith, 2001).

La metodología Agile está fundamentada en el “Manifestó for Agile Software Development “(2001), éste manifiesto menciona que los firmantes están descubriendo mejores formas de desarrollar software haciéndolo y ayudando a otros a hacerlo, a través de esa tarea han llegado a valorar:

**Individuos e interacciones** sobre procesos y herramientas.  
**Software de trabajo** sobre documentación completa  
**Colaboración del cliente** sobre negociación de contrato  
**Responder al cambio** sobre seguir un plan

Si bien, reconocen que hay valor en los elementos de la derecha, se valoran en mayor medida los elementos de la izquierda: los individuos y las interacciones entre ellos, el software de trabajo, la colaboración al cambio y la buena respuesta ante el cambio. (Highsmith, 2001)

El manifiesto surgió como una respuesta a los procesos de desarrollo de software pesado, presentándose como una alternativa de los que simpatizan con formas más ligeras y dinámicas de documentar y desarrollar el trabajo, entre los firmantes estuvieron representantes de Extreme Programming, SCRUM, DSDM, Adaptive Software Development, Crystal, Feature-Driven Development, Pragmatic Programming, etc., denominados por ellos mismos como “La Alianza Agile”.

Los principios detrás del Manifiesto Ágil son doce, se enlistan a continuación:

- Nuestra máxima prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de software valioso.
- Bienvenido a los requisitos cambiantes, incluso tarde en el desarrollo. Los procesos ágiles aprovechan el cambio para la ventaja competitiva del cliente.
- Entregue software de trabajo con frecuencia, desde un par de semanas hasta un par de meses, con preferencia al menor tiempo.
- La gente de negocios y los desarrolladores deben trabajar juntos a diario durante todo el proyecto.
- Desarrollar proyectos en torno a personas motivadas. Bríndeles el entorno y el apoyo que necesitan, y confíe en ellos para hacer el trabajo.
- El método más eficiente y efectivo para transmitir información a un equipo de desarrollo y dentro de él es la conversación cara a cara.
- El software de trabajo es la medida principal del progreso.



- Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deberían poder mantener un ritmo constante indefinidamente.
- La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la agilidad.
- La simplicidad, el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
- Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de equipos autoorganizados.
- A intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre cómo ser más eficaz, luego ajusta y ajusta su comportamiento en consecuencia. (Highsmith, 2001)

Los firmantes del manifiesto el 13 de noviembre de 2001 fueron Kent Beck, Mike Beedle, Arie van Bennekum, Alistair Cockburn, Ward Cunningham, Martin Fowler, James Grenning, Jim Highsmith, Andrew Hunt, Ron Jeffries, Jon Kern, Brian Marick, Robert C. Martin, Steve Mellor, Ken Schwaber y Jeff Sutherland D. Cada vez más autores y desarrolladores se unen como signatarios, la última actualización del manifiesto ocurrió el 10 de julio de 2016.

En los apartados siguientes, se describe SCRUM y KANBAN dos metodologías ágiles seleccionadas para ser implementadas como parte de la estrategia desarrollada en esta tesis:

## SCRUM

Es una de las nuevas metodologías en la gestión de proyectos que comenzó usándose en el desarrollo de software que, en resumen, trata de planear los proyectos en pequeños bloques llamados *Sprint*, e ir revisándolos y mejorando con respecto a la revisión anterior. Surgió a través del estudio de la manera de trabajar de equipos altamente productivos.

La gestión de un proyecto con Scrum se centra en definir cuáles son las características que debe tener el producto a construir (qué construir, qué no y en qué orden) y en vencer cualquier obstáculo que pudiera entorpecer la tarea del equipo de desarrollo.

Scrum es un **marco de trabajo o bien una metodología liviana** dentro del que se pueden emplear varios procesos y técnicas para el desarrollo y mantenimiento de productos complejos que fue desarrollado a principios de los 90 por Ken Schwaber y Jeff Sutherland y cuya definición se detalla en la Guía de Scrum. (Schwaber y Sutherland, 2016, p.p. 3)

El marco de trabajo Scrum consiste en los Equipos Scrum y sus roles, eventos, artefactos y reglas asociadas. Cada componente dentro del marco de trabajo sirve a un propósito específico y es esencial para el éxito de Scrum y para su uso. Las reglas de Scrum relacionan los eventos, roles y artefactos, gobernando las relaciones e interacciones entre ellos. (Schwaber y Sutherland, 2016, p.p. 3)

En Scrum se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el propietario del proyecto, por ello, Scrum está especialmente indicado para proyectos donde se necesita obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos y la interacción con el cliente son fundamentales.

De acuerdo con sus desarrolladores, Scrum se basa en la teoría de control de procesos empírica o empirismo. El empirismo asegura que el conocimiento procede de la experiencia y de tomar decisiones basándose en lo que se conoce. Scrum emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la predictibilidad y el control del riesgo.

Son **tres los pilares** en los que se soporta el control de procesos empírico:

- **Transparencia:** Los aspectos significativos del proceso deben ser visibles para aquellos que son responsables del resultado.
- **Inspección:** Los usuarios de Scrum deben inspeccionar frecuentemente los artefactos de Scrum y el progreso hacia un objetivo para detectar variaciones indeseadas. Su inspección no debe ser tan frecuente como para que interfiera en el trabajo.
- **Adaptación:** Si un inspector determina que uno o más aspectos de un proceso se desvían de límites aceptables y que el producto resultante será inaceptable, el proceso o el material que está siendo procesado deben ajustarse. Dicho ajuste debe realizarse cuanto antes para minimizar desviaciones mayores.

Estos pilares se materializan cuando el equipo de trabajo incorpora y vivencia los valores de compromiso, coraje, foco, apertura y respeto, de acuerdo con los autores de la Guía de Scrum, el uso exitoso de este marco de trabajo depende de que las personas sean más virtuosas en la convivencia con estos cinco valores y que se comprometan de manera individual a alcanzar las metas del equipo.

El **Equipo Scrum** (*Scrum Team*) es el grupo multifuncional de profesionales con los conocimientos técnicos necesarios y que desarrollan el proyecto de manera conjunta llevando a cabo las historias a las que se comprometen al inicio de cada sprint, focalizándose en construir un producto de calidad. El Equipo Scrum consiste en un Dueño de Producto (Product Owner), el Equipo de Desarrollo (Development Team) y un Scrum Master. Los Equipos Scrum son autoorganizados y multifuncionales. El modelo

de equipo en Scrum está diseñado para optimizar la flexibilidad, la creatividad y la productividad. (Schwaber y Sutherland, 2016, p.p. 3)

Los Equipos Scrum entregan productos de forma iterativa e incremental, maximizando las oportunidades de obtener retroalimentación. Las entregas incrementales de producto “terminado” aseguran que siempre estará disponible una versión potencialmente útil y funcional del producto. (Schwaber y Sutherland, 2016, p.p. 3)

**Tabla 4. Roles en SCRUM (Schweaber y Sutherland, 2019, p.p.7)**

Rol	Función
Product Owner	Es una única persona, responsable de maximizar el valor del producto y el trabajo del Equipo de Desarrollo, es responsable de gestionar la Lista del Producto (Product Backlog).
Development Team	Grupo de profesionales con los conocimientos técnicos necesarios y que desarrollan el proyecto de manera conjunta llevando a cabo las <b>historias</b> a las que se comprometen al inicio de cada sprint.
Scrum Master	Persona que lidera al equipo guiándolo para que cumpla las reglas y procesos de la metodología. Gestiona la reducción de impedimentos del proyecto.

El corazón de *Scrum* es el **Sprint**, es un bloque de tiempo durante el cual se crea un incremento de producto terminado y utilizable, cada nuevo *Sprint* comienza inmediatamente después de la finalización del *Sprint* anterior.

Los *Sprints* se usan para lograr algo al igual que los proyectos, tienen un horizonte no mayor a un mes, cada uno tiene una definición de lo que se construirá, un diseño y un plan flexible que guiará su ejecución, el trabajo del equipo y el producto resultante.

Scrum se lleva a cabo de la siguiente forma: se realiza de forma iterativa e incremental, cada iteración, denominada *Sprint*, tiene una duración preestablecida (de entre 2 y 4 semanas, puede variar), obteniendo como resultado una versión del trabajo con nuevas prestaciones listas para ser usadas o avances con utilidad real. En cada nuevo *Sprint*, se va ajustando la funcionalidad ya construida y se añaden nuevas prestaciones priorizándose siempre aquellas que aporten mayor valor al proyecto. (Softeng, 2020)

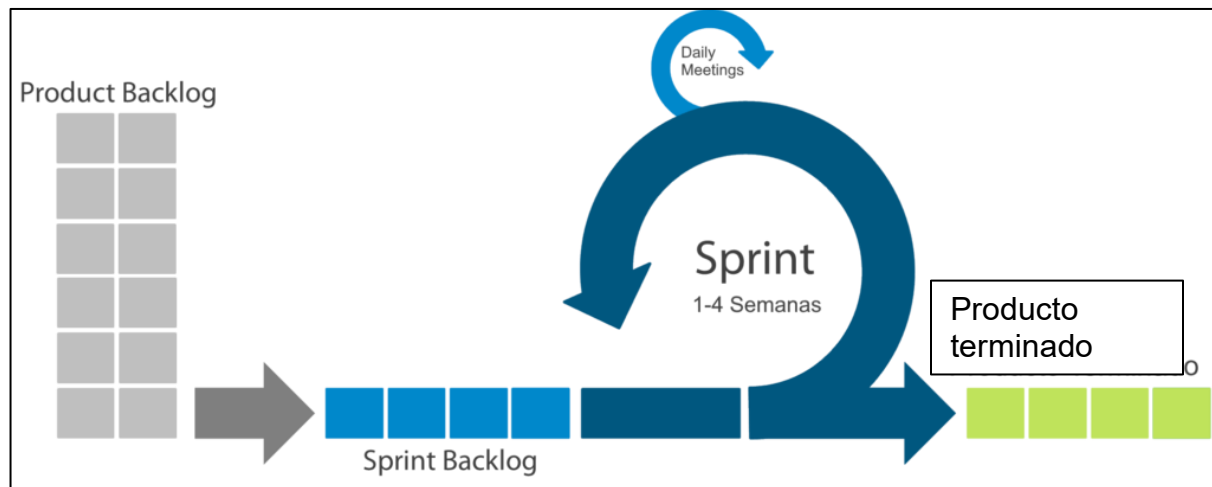


Figura 12. Proceso SCRUM

Existen cuatro eventos formales dentro del marco de trabajo, contenidos en un Sprint para la inspección y adaptación

- Planificación del Sprint (*Sprint Planning*): Reunión durante la cual el Product Owner presenta las historias del backlog por orden de prioridad. El equipo determina la cantidad de historias que puede comprometerse a completar en ese sprint, para en una segunda parte de la reunión, decidir y organizar cómo lo va a conseguir. En esta etapa se crea el objetivo del Sprint (*Sprint Goal*), es una meta establecida para el Sprint que puede lograrse mediante la implementación de la Lista de Producto.
- Scrum Diario (*Daily Scrum*): Reunión diaria de cómo máximo 15 min, en la que el equipo se sincroniza para trabajar de forma coordinada. Cada miembro comenta que hizo el día anterior, que hará hoy y si hay impedimentos para que estos se eliminen.
- Revisión del Sprint (*Sprint Review*): Al final del Sprint se lleva a cabo una revisión para inspeccionar el Incremento y adaptar la Lista de Producto si fuese necesario. El resultado de la Revisión de Sprint es una Lista de Producto

revisada que define los elementos de la Lista de Producto posibles para el siguiente Sprint. Es posible además que la Lista de Producto reciba un ajuste general para enfocarse en nuevas oportunidades.

- **Retrospectiva del Sprint (*Sprint Retrospective*):** Reunión que se celebra al final del sprint y en la que el equipo presenta las historias conseguidas mediante una demostración del producto. Posteriormente, en la retrospectiva, el equipo analiza qué se hizo bien, qué procesos serían mejorables y discute acerca de cómo perfeccionarlos.

Los **artefactos de Scrum** representan trabajo o valor en diversas formas que son útiles para proporcionar transparencia y oportunidades para la inspección y adaptación. Estos son:

- **Lista de producto (Product Backlog):** Conjunto de requisitos denominados historias descritos en un lenguaje no técnico y priorizados por valor de negocio, o lo que es lo mismo, por retorno de inversión considerando su costo y beneficio. Los requisitos y prioridades se revisan y ajustan durante el curso del proyecto a intervalos regulares.
- **Lista de pendientes del Sprint (Sprint Backlog):** La Lista de Pendientes del Sprint es el conjunto de elementos de la Lista de Producto seleccionados para el Sprint, más un plan para entregar el Incremento de producto y conseguir el Objetivo del Sprint.

De acuerdo con la consultora de ingeniería de software Softeng, que ha usado Scrum en sus desarrollos desde hace algunos años, los **beneficios** que se pueden obtener al implementar SCRUM a un proyecto, son los siguientes: (Softeng, 2020)

- **Cumplimiento de expectativas:** El cliente establece sus expectativas indicando el valor que le aporta cada requisito / historia del proyecto, el equipo los estima y con esta información el *Product Owner* establece su prioridad. De manera regular, en las demos de *Sprint* el *Product Owner* comprueba que efectivamente los requisitos se han cumplido y retroalimenta al equipo.
- **Flexibilidad a cambios:** Alta capacidad de reacción ante los cambios de requerimientos generados por necesidades del cliente, por nuevas solicitudes o barreras. La metodología está diseñada para adaptarse a los cambios de requerimientos que conllevan los proyectos complejos.
- **Reducción del Time to Market:** El cliente puede empezar a utilizar las funcionalidades o a operar con los avances más importantes del proyecto antes de que esté finalizado por completo.

- **Mayor calidad del producto:** La forma de trabajo y la necesidad de obtener una versión o avance funcional después de cada iteración, ayuda a la obtención de un trabajo de calidad superior.
- **Mayor productividad:** Se consigue entre otras razones, gracias a la eliminación de la burocracia y a la motivación del equipo que proporciona el hecho de que sean autónomos para organizarse.
- **Predicciones de tiempos:** Mediante esta metodología se conoce la velocidad media del equipo por sprint (llamados puntos historia), con lo que consecuentemente, es posible estimar fácilmente para cuando se dispondrá de un avance que todavía está en el Backlog.
- **Reducción de riesgos:** El hecho de llevar a cabo las funcionalidades de más valor en primer lugar y de conocer la velocidad con que el equipo avanza en el proyecto, permite despejar riesgos eficazmente de manera anticipada.

La nota final de la guía de roles, artefactos, eventos y reglas de Scrum son inmutables y aunque es posible implementar solo partes de Scrum, el resultado no es Scrum. Scrum solo existe como un todo y funciona bien como contenedor para otras técnicas, metodologías y prácticas Scrum es gratuito y se ofrece en la guía.

Para finalizar el apartado de esta metodología, SCRUM muestra como punto principal la importancia de las interacciones entre los involucrados del proyecto, para así generar un ambiente de trabajo favorable al iniciar el proyecto, tratando de que este prevalezca a lo largo del desarrollo. Scrum además se enfoca en elaborar muy bien un producto como objetivo primordial, sin ocupar demasiado tiempo y esfuerzo en el desarrollo de documentación que pueda ser obsoleta en un futuro. Finalmente, también con SCRUM se busca involucrar al cliente a lo largo del proyecto en la toma de decisiones para evitar re trabajar en el proyecto por una omisión de información o requerimientos. (Ormeño, 2017)

### 2.4.3 LEAN

LEAN es una metodología que surgió para el sector manufacturero, busca reducir desperdicios e incrementar el valor agregado del producto. LEAN racionaliza y elimina lo innecesario para ofrecer más con menos, es una metodología centrada en la eficiencia,

El nombre oficial de la metodología es LEAN Manufacturing, está basada en el sistema de producción de Toyota que busca alcanzar resultados inmediatos en la productividad,

competitividad y rentabilidad de las empresas mediante la eliminación de desperdicios o actividades que no agregan valor sin la necesidad de realizar inversiones en maquinaria, personal o tecnología.

Más que una metodología, LEAN es una filosofía de trabajo que tiene bases y pilares muy firmes y estructurados, en la Figura 13 se pueden ver todos los elementos que la conforma de una forma muy clara:

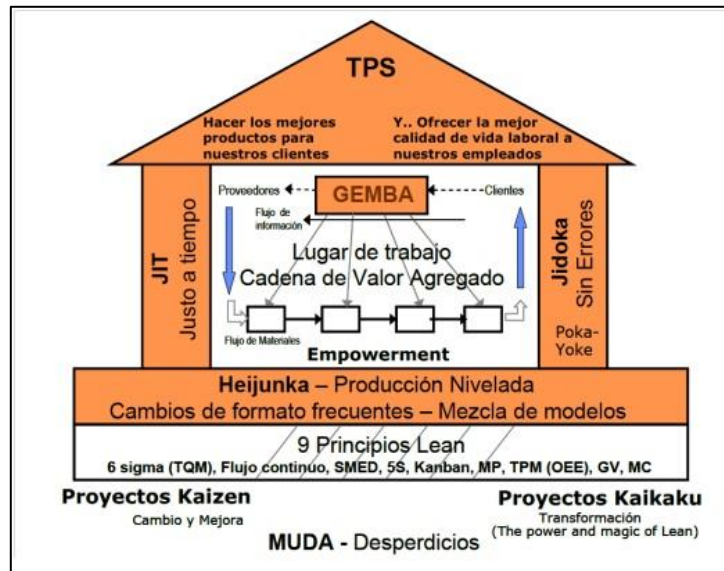


Figura 13. Estructura de LEAN

En el tejado se encuentra el Toyota Production System

- *TPS (Toyota Production System)* se centra en hacer los mejores productos para sus clientes, ofreciendo la mejor calidad de vida laboral a los empleados.

Los pilares son JIT y JIDOKA

- *JIT (Just in time)* implica que las materias primas y los productos lleguen justo a tiempo, para la fabricación o para el servicio al cliente. El JIT no solo afecta en el proceso productivo sino también en el personal, la forma de trabajo, los proveedores, etc. Los objetivos del JIT consisten en el “hábito de ir mejorando” y en la “eliminación de desperdicios”.
- *JIDOKA* permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, así, por ejemplo, si existe una anomalía durante el proceso, éste se detendrá ya sea automáticamente o manualmente impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Todo lo contrario, a los sistemas tradicionales de calidad, en los cuales las piezas son inspeccionadas al final de su proceso productivo. Jidoka mejora la calidad en el proceso ya que solo se producirán piezas con cero defectos, sin errores.

Se utiliza el sistema Poka-Yoke (a prueba de tontos) para evitar cualquier error en la fabricación, o realización del producto o pedido. Actualmente los Poka-

Yokes suelen consistir en un “sistema de detención” y un “sistema de alarma”, visual y sonora comúnmente, que avisa al trabajador de producirse el error para que lo subsane.

El espacio de trabajo se describe de la siguiente forma:

- *GEMBA* es el lugar de trabajo, limpio y ordenado, favoreciendo las labores de los empleados de la empresa y optimizando la Cadena de Valor Agregado. El lugar de trabajo está mejorado por 5S y la Gestión Visual.

Las bases de LEAN son la producción nivelada o HEIJUNKA y MUDA o desperdicio:

- El Sistema Lean se basa en que la producción debe estar ajustada a la demanda (HEIJUNKA), por lo que los cambios de producción deben ser cortos y ágiles. Se sustituyen las tiradas largas de producción, por mezclas de modelos.
- MUDA significa desperdicio. El sistema Lean se basa en la eliminación de los desperdicios dentro de los procesos.

Los proyectos que son abordados por LEAN son de dos naturalezas:

- LOS PROYECTOS KAIZEN consisten en cambios pequeños y progresivos. Dichos proyectos están basados en la mejora continua. Filosofía Kaizen: “Hoy mejor que ayer, mañana mejor que hoy”.
- LOS PROYECTOS KAIKAKU se basan en una transformación total del proceso, tanto física como de forma metódica. Kaikaku significa “cambio radical” o gran cambio.

Existen 9 principios en los que descansa la filosofía LEAN:

- Calidad Total, 6Sigma, TQM
- Flujo continuo o células en U
- SMED, Reducción de tiempo en cambios de formato
- 5S, Organización y Limpieza Total
- Sistema Kanban
- Máquinas Pequeñas
- Mantenimiento Productivo Total
- Indicadores de Gestión Visual
- Mejora Continua

Considerando el enfoque de esta tesis, KANBAN y MEJORA CONTINUA son dos principios que se van a abordar de manera detallada porque son útiles en el proceso de mejorar la realización de los estudios básicos para el proyecto de muelles.

LEAN ha evolucionado y se ha adaptado a otros sectores productivos más allá del manufacturero, como la construcción donde se ha desarrollado LEAN CONSTRUCTION. Este enfoque de proyecto fue introducido por el profesor Lauri Koskela en el año 1992 basándose en el modelo original que se abordó en los párrafos anteriores. Koskela propone que la construcción es un sistema de producción que se



funda en proyectos con gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción, que es vista como un modelo de transformación solamente.

Las bases teóricas de LEAN CONSTRUCTION propuestas por Koskela pretenden ver la producción en la construcción como un proceso de transformación, de flujo y generador de valor, en consecuencia, el objetivo de Lean Construction es crear buenos sistemas de producción que permitan optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega.

Según el Lean Construction Institute (ILC), es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva.

Retomando los aspectos de la filosofía LEAN original, se detallarán los dos principios que se consideran aplicables a la naturaleza del presente trabajo:

## **LA MEJORA CONTINUA**

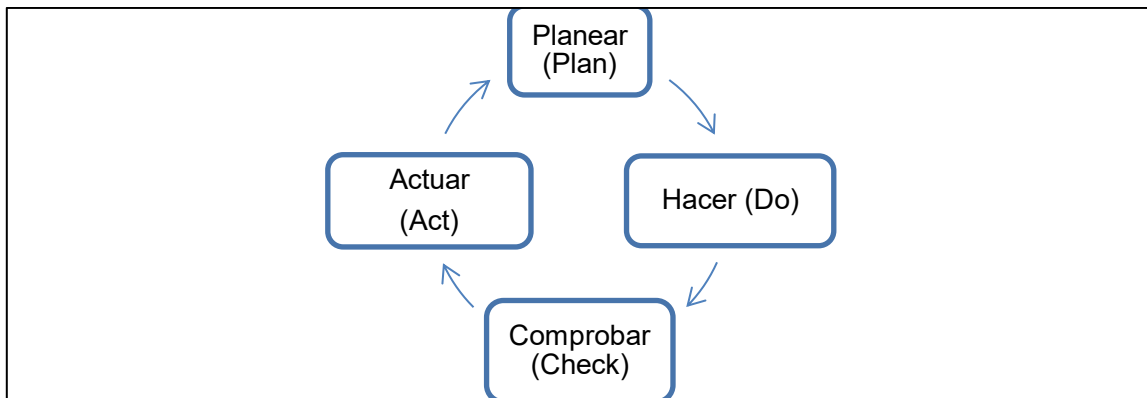
La mejora continua constituye la base metodológica de esta tesis, el proceso de detección del problema y su posterior solución hipotética se realizó tomando en cuenta herramientas que corresponden a esta filosofía.

La mejora continua es parte fundamental para el logro del éxito en las organizaciones, equipos de trabajo, actividades y personas, consiste en buscar permanentemente y de manera dinámica la mejora de los procesos realizados empleando una estricta disciplina en calidad, tiempo y costo; implica crear una estrategia en la que todos los involucrados participan sistemáticamente para el logro del objetivo.

W. Edwards Deming es uno de los creadores del concepto de mejora continua, la cuál es un proceso constante que busca un estado ideal de calidad total al que siempre se aspira, pero nunca se logra (Deming, 2008), esto quiere decir que nada puede considerarse como algo mejorado de forma definitiva.

Mejorar un proceso o situación, significa cambiarlo para hacerlo más efectivo y eficiente. Decidir qué cambiar y de qué manera hacerlo depende del enfoque (Harrington, 1997).

En la década de 1940, Deming trabajó con procesos industriales y de fabricación e introdujo herramientas que se utilizan en las iniciativas de mejora, sus ideas y conceptos se usan actualmente para generar resultados, el ciclo PDCA (Figura 14) para la mejora continua muestra cómo conseguir mejorar cualquier proceso:



**Figura 14. Ciclo PDCA**

- Planear; Se identifican los problemas y las posibles fuentes de debilidad o error del sistema, a partir de esto, se elabora un plan de mejora.
- Hacer: Se implementan los planes elaborados.
- Comprobar: Implica el seguimiento a la implementación de los planes, se evalúa la eficacia de las acciones realizadas.
- Actuar: Se aplican acciones correctivas necesarias y posteriormente se procede a comprobar para asegurar que la solución ha funcionado.

Este ciclo permite la renovación, el desarrollo, el progreso y la posibilidad de responder a las necesidades cambiantes del entorno

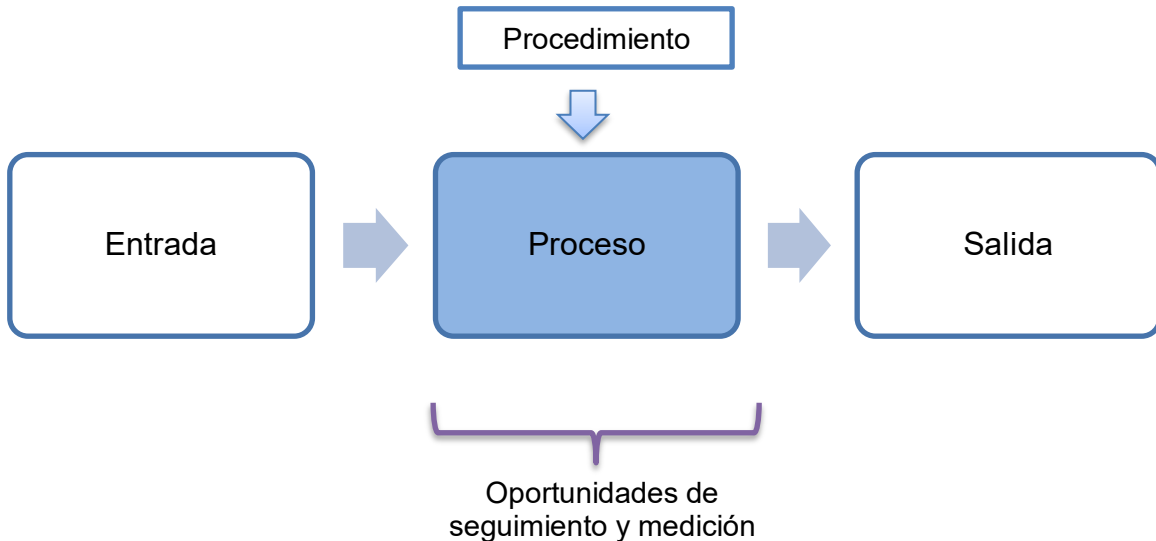
Tomando la propuesta anterior, la norma ISO 15189 describe el proceso para la llevar a cabo la mejora continua, el cual se presenta a continuación:

1. Identificación de problemas, debilidades o errores.
2. Elaboración de plan de mejora.
3. Implementación del plan.
4. Revisión de la eficacia de las acciones.
5. Ajustar el plan y hacer las modificaciones de acuerdo a los resultados de la revisión.

La mejora se lleva a cabo a través de acciones destinadas a cambiar la forma en que se está desarrollando un proceso, lo que es medible es mejorable, por lo tanto, estas mejoras se deben reflejar en los indicadores del proceso, siendo la creatividad y el sentido crítico los medios para plantear. Algunas acciones de mejora pueden ser las siguientes:

- Eliminar la duplicidad de procesos
- Normalizar la forma de realizar actividades
- Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos
- Reducir el tiempo de ejecución
- Establecer alianzas con entes clave

Una forma de llevar a cabo la mejora continua es desde el enfoque de gestión de procesos, de acuerdo con las normas ISO un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, el modelo de procesos bajo el que es concebida la norma de mejora continua es el siguiente:



**Figura 15. Modelo de procesos de acuerdo con las normas ISO**

En el modelo de procesos, las entradas corresponden a todo aquello que ingresa al proceso para ser transformado incluidos los recursos, las salidas son el resultado del proceso o producto, el proceso se realiza a través de un procedimiento que es la forma especificada de llevarlo a cabo y todo este modelo está sujeto a oportunidades de seguimiento y medición antes, durante y medición.

Considerando este modelo entonces es posible aplicar la mejora continua con enfoque del proceso al poder tener un monitoreo de los mismos y tener métricas sobre el desempeño, surgen entonces dos conceptos sobre evaluación del desempeño: eficiencia y eficacia.

Eficacia es la capacidad para alcanzar los resultados deseados, mientras que eficiencia es la relación que existe entre el resultado alcanzado contra los recursos utilizados.

En la mejora continua se busca que los procesos sean más eficientes considerando constante una eficacia elevada para alcanzarlos. (Norma ISO 9001:2015).

## **KANBAN**

Es un método para gestionar el trabajo intelectual, con énfasis en la entrega justo a tiempo, A través de esta metodología es posible visualizar el flujo de trabajo, lo que facilita la reorganización, la resolución de problemas y previene que las tareas se estancuen al reducir el trabajo multitarea.

Nació para aplicarse a los procesos de fabricación y con el tiempo se convirtió en un territorio reclamado por los desarrolladores de software. Últimamente, ha empezado a ser reconocido por las entidades empresariales de diferentes ámbitos.

La palabra KANBAN viene del japonés y traducida literalmente quiere decir *tarjeta con signos o señal visual*. El tablero más básico de Kanban está compuesto por tres columnas: “Por hacer”, “En proceso” y “Hecho”. Si se aplica bien y funciona correctamente, serviría como una fuente de información, ya que demuestra dónde están los cuellos de botella en el proceso y qué es lo que impide que el flujo de trabajo sea continuo e ininterrumpido.

A principios del siglo XXI, la industria del software se percató de que Kanban podía hacer un cambio real en la forma en la que se producían y entregaban los productos y los servicios. Se demostró que Kanban era conveniente no solo para la industria automotriz, sino también para cualquier otro tipo de industria.

David J. Anderson formuló la metodología KANBAN basado en -LEAN y orientado al trabajo del conocimiento, el propósito de KANBAN es llevar a cabo las tareas pendientes y su esquema de trabajo se conforma por cuatro principios y seis prácticas.

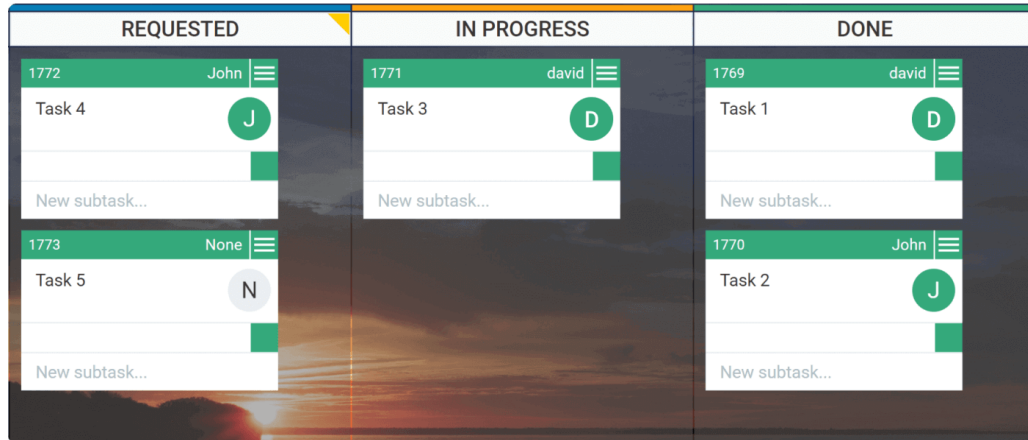
- Principio 1, empezar con lo que hace ahora: Kanban no requiere configuración y puede ser aplicado sobre flujos reales de trabajo o procesos activos para identificar los problemas, no es necesario realizar cambios drásticos.
- Principio 2, comprometerse a buscar e implementar cambios incrementales y evolutivos: El método Kanban está diseñado para implementarse con una mínima resistencia, en general, los cambios radicales no son considerados.
- Principio 3, respetar los procesos, las responsabilidades y los cargos actuales: Kanban reconoce que los procesos en curso, los roles, las responsabilidades y los cargos existentes pueden tener valor y vale la pena conservarlos. El método Kanban no prohíbe el cambio, pero tampoco lo prescribe.
- Principio 4, animar el liderazgo en todos los niveles: Este es el principio más novedoso de Kanban. Algunos de los mejores liderazgos surgen de actos del día a día de gente que está al frente de sus equipos. Es importante que todos fomenten una mentalidad de mejora continua (Kaizen) para alcanzar el rendimiento óptimo a nivel de equipo/ departamento/ empresa. Esto no puede ser una actividad a nivel de dirección.

Las seis prácticas para la implementación de KANBAN de acuerdo con David J. Anderson son:

- Visualizar: Visualizar el flujo de trabajo y hacerlo visible es la base para comprender cómo avanza el trabajo. Sin comprender el flujo de trabajo, realizar los cambios

adecuados es más difícil. Una forma común de visualizar es el uso de columnas, estas representan los diferentes estados o pasos en el proceso.

En la práctica común se usa un tablero con tarjetas y columnas. Cada columna del tablero representa un paso y cada tarjeta representa un elemento de trabajo. Los paquetes de software que implementan KANBAN presentan interfaces en las que es muy fácil y visual poder trabajar con un tablero de este tipo, tal como se muestra en la Figura 16.



**Figura 16. Tablero KANBAN**

- **Eliminar las interrupciones:** Esta práctica se enfoca en establecer los límites del trabajo en proceso, implica definir un número máximo de elementos por etapa. En los desarrollos de software es sencillo realizarlo puesto que una actividad no puede pasar a la siguiente etapa si en esta no hay capacidad disponible. Estas restricciones son importantes porque permiten detectar las áreas problemáticas en el flujo para que puedan ser resueltas.
- **Gestionar el flujo:** Se recomienda supervisar, medir y reportar el flujo de trabajo a través de cada estado. Al gestionar activamente el flujo, los cambios continuos, graduales y evolutivos del sistema pueden ser evaluados para tener efectos positivos o negativos.
- **Hacer las políticas explícitas (fomentar la visibilidad):** El proceso debe estar bien definido publicado y aprobado, puesto que es importante que todos los integrantes del grupo de trabajo estén familiarizados con el objetivo común.
- **Circuitos de retroalimentación:** La filosofía Lean admite que las reuniones regulares son necesarias para la transferencia de conocimiento (circuitos de retroalimentación). Tales son las reuniones diarias de pie para sincronizar el equipo. Se llevan a cabo frente al tablero Kanban y cada miembro comparte con los demás lo que él o ella hizo el día anterior y qué va a hacer el día de hoy.

- **Mejorar colaborando:** La forma de lograr la mejora continua y el cambio sostenible dentro de una organización se consigue a través de la visión compartida para un futuro mejor y la comprensión colectiva de los problemas que deben superarse.

Los equipos que tienen un entendimiento compartido de las teorías sobre el trabajo, el flujo de trabajo, el proceso y el riesgo, tienen más probabilidades de crear una comprensión compartida de un problema y sugerir acciones de mejora que pueden acordarse por consenso.

La **implementación** de KANBAN puede realizarse utilizando notas adhesivas y tableros con ranuras, de forma física, sin embargo, existen ya varias aplicaciones y desarrollos de software en las que se puede dar seguimiento al proyecto siguiendo esta metodología a través de tableros digitales KANBAN

Para finalizar el apartado, KANBAN es útil en lo siguiente: los tableros físicos y digitales ayudan a visualizar el trabajo en proceso, establecer límites de trabajo, permiten al equipo ser más eficiente y trabajar dentro de su capacidad sin caer en saturaciones y, por último, es muy sencillo implementar KAMBAN como estrategia de mejora, se puede partir de la estructura con la que se ha estado trabajando como organización.

#### **2.4.4. MÉTODO DE GESTIÓN DE PROYECTOS DEL PMI**

**El PMI** es una entidad internacional que fomenta las buenas prácticas para la gestión de proyectos en cualquier campo, actualmente es una de las entidades más prestigiosas de su sector, cuenta con más de medio millón de socios acreditados y sus distintas certificaciones han sido acogidas por entidades de más de 178 países.

El PMI ha ideado un método de gestión de proyectos que está debidamente desglosado en el texto *A Guide to the Project Management Body of Knowledge, (PMBOK® Guide)* que es su guía o libro de referencia.

**El método del PMI** es un modelo de gerencia de proyectos que recopila una serie de pautas y recomendaciones para dirigir proyectos en él se describen los trabajos que profesionales y académicos de diversos campos han llevado a cabo en los últimos años para fijar los estándares.

Sin embargo, no se trata de un listado de requisitos, es una guía de métodos, herramientas y técnicas agrupadas en áreas de conocimiento enfocada a la ejecución de procesos que puede implementarse en cualquier organización y que, por tanto, ofrece un alto grado de flexibilidad.

La **finalidad** de este conjunto es minimizar el riesgo de que un proyecto no alcance sus objetivos, se busca proporcionar a los profesionales de la gerencia de proyectos una herramienta que permita desarrollar buenas prácticas en su ámbito laboral.

Todo proyecto que ha de ser gestionado de forma profesional, no solo como una serie de tareas relacionadas, exige trabajar en equipo y que haya un responsable de terminar cumpliendo los objetivos de gestión de tiempo, costo, alcance, calidad, etc. Hay dos **roles** imprescindibles: los encargados de hacer el trabajo en equipo (Team Members) y el encargado de coordinar al equipo y gestionar para cumplir los objetivos de gestión del proyecto (PMI, 2017).

De acuerdo con la Guía del PMBOK®, **el project manager** es la persona nombrada por la organización ejecutora para liderar al equipo, siendo responsable de alcanzar los objetivos del proyecto.

Los **team members** son los individuos que respaldan al Project Manager en la realización del trabajo del proyecto para alcanzar sus objetivos.

Además de los roles ya descritos, cabe mencionar que hay varias figuras que intervienen y pueden ser mencionadas, sin embargo, la figura de stakeholder y patrocinador son roles que son relevantes para este trabajo:

La Guía del PMBOK® menciona que un **stakeholder** es un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado, o percibirse a sí mismo como posible afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto. Para el PMI un patrocinador o sponsor es una persona o grupo que provee recursos y apoyo para el proyecto, programa o portafolio y que es responsable de facilitar su éxito. Alguien de peso en la organización debe poner su firma en el acta de constitución para autorizar el proyecto.

**Tabla 5. Componentes clave de la Guía del PMBOK**

<b>Componente clave de la Guía del PMBOK</b>	<b>Breve definición</b>
Ciclo de vida del proyecto	Serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión.
Fase del proyecto	Conjunto de actividades relacionadas lógicamente que culmina con la conclusión de uno o más entregables.
Procesos de gerencia de proyectos	Serie sistemática de actividades dirigidas a producir un resultado final de forma tal que se actuará sobre una o más entradas para crear una o más salidas. Los

	procesos integran las fases del ciclo de un proyecto.
Áreas del conocimiento de la gerencia de proyectos	Área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que los componen.

**Los componentes clave** para la gerencia son: el ciclo de vida del proyecto, las fases, los procesos y las áreas del conocimiento. Para el PMI es importante identificar los componentes clave de un proyecto para poder gestionarlos eficazmente, considerando que estos elementos se interrelacionan unos con otros.



**Figura 17. Interacción entre los componentes clave de los proyectos de la Guía del PMBOK**

Los componentes clave se relacionan de la siguiente manera: el ciclo se compone de una serie de fases y cada una de ellas contiene procesos de distinto tipo, para lograr la eficiencia y eficacia en los procesos es fundamental aplicar las áreas del conocimiento que abarca la gerencia de proyectos y así dirigir el proyecto de manera efectiva.

**Los proyectos pueden separarse en fases** diferenciadas o subcomponentes que generalmente reciben nombres que indican el tipo de trabajo realizado en esa fase, por ejemplo: fase de estudios básicos.

Son cuatro las fases genéricas señaladas por la literatura, estas pueden adoptar un nombre en particular dependiendo el proyecto:

- Inicio: Incluye todos los trabajos preliminares y de apertura de los proyectos como inicio del contrato, revisión de factibilidad, revisiones previas, formulación de la idea de proyecto, etc.



- Organización y preparación: Involucra a todas las actividades de planeación, organización y diseño de la ejecución del trabajo central.
- Ejecución del trabajo: Implica la ejecución del plan, la materialización de los objetivos del proyecto y del plan de trabajo.
- Finalización: Esta etapa incluye a todos los procesos de cierre, ocurre cuando se han cumplido todos los objetivos o se decide poner fin al proyecto.

La estructura de fases no es la misma para todos los proyectos, todo va a depender de cada caso particular.

El desarrollo de un proyecto se realiza a través de la ejecución de **procesos de gerencia de proyectos**, cada proceso produce salidas a partir de entradas mediante el uso de herramientas y técnicas adecuadas para la dirección de proyectos, las salidas pueden ser un entregable o un resultado, que son consecuencias finales de un proceso.

Los procesos de gerencia de proyectos se vinculan lógicamente entre sí a través de los resultados que producen. En la figura que se muestra a continuación (Figura 18) se muestra cómo las entradas, las herramientas y las salidas se relacionan entre si dentro de un proceso y con otros, la salida de uno se convierte en la entrada para otro, o es un entregable del proyecto.

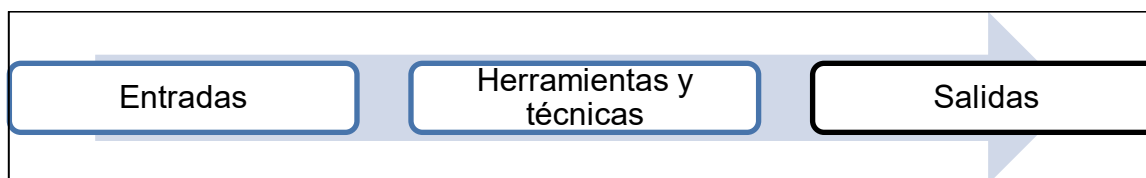


Figura 18. Relaciones dentro de un proceso de gerencia de proyectos.

A su vez, los procesos de gerencia de proyectos son agrupados en grupos de manera lógica para alcanzar objetivos específicos. Los grupos de procesos son independientes de las fases y se agrupan en los siguientes cinco grupos de procesos de gerencia de proyectos:

Tabla 6. Grupos de procesos de gerencia de proyectos.

Procesos de inicio	Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.
Procesos de planificación	Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.
Procesos de ejecución	Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la

	dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.
Procesos de monitoreo y control	Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
Procesos de cierre	Procesos llevados a cabo para completar o cerrar formalmente un proyecto, fase o contrato.

Los procesos individuales algunas veces se repiten antes de concluir una fase o un proyecto, esto varía según las necesidades de cada proyecto, por tal motivo, se agrupan en una de las siguientes tres categorías:

- Procesos que se utilizan una sola vez o en puntos predefinidos del proyecto.
- Procesos que se llevan a cabo periódicamente según sea necesario.
- Procesos que se realizan de manera continua a lo largo del proyecto.

Los grupos de procesos no son fases del proyecto, cuando un proyecto está seccionado en fases, los grupos de procesos interactúan dentro de cada fase., es posible que todos los grupos de procesos estén representados dentro de una fase como se muestra en el siguiente diagrama.

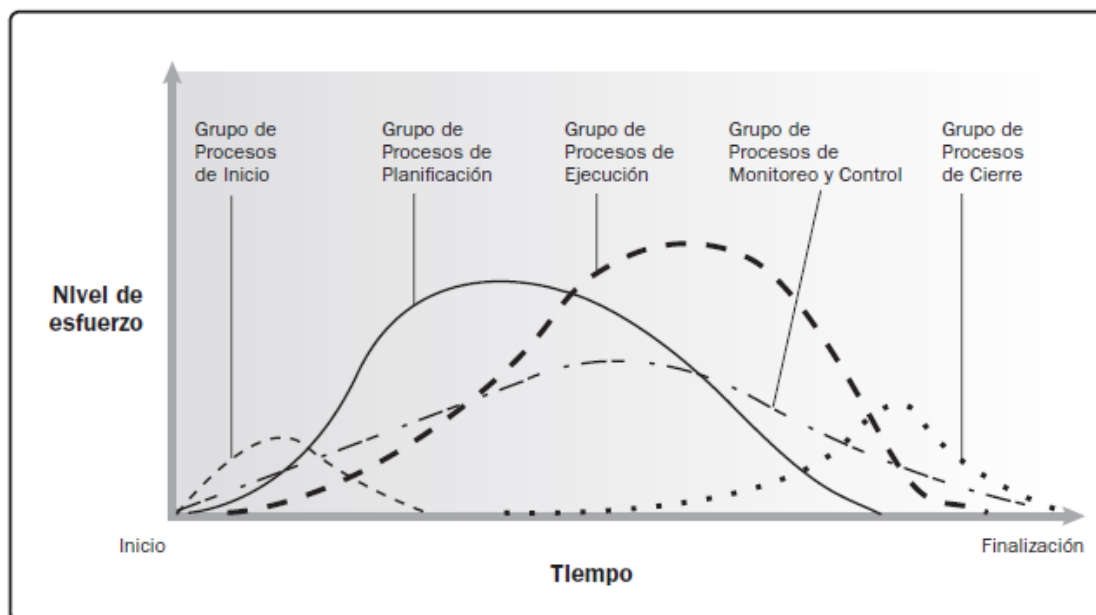


Figura 19. Participación de los grupos de procesos dentro de un proyecto o fase. (PMBOK)

Las **áreas del conocimiento de la gerencia de proyectos** son campos de materias que se emplean comúnmente al dirigir proyectos, cada una es un conjunto de procesos

asociados a un tema particular. El PMBOK abarca 10 áreas del conocimiento que son las que se utilizan en la mayoría de los proyectos, a continuación, se describe brevemente cada una de ellas:

- Integración de proyectos: Describe los procesos requeridos para asegurar que se coordinen adecuadamente los distintos elementos del proyecto. Esta consiste en los siguientes procesos: Desarrollo de un Plan de Proyecto, la Ejecución del Plan y en el Control Integrado de Cambios.
- Alcance del proyecto: Describe los procesos requeridos para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, a fin de completarlo exitosamente. Esta consiste en los procesos: Iniciación, Planificación del Alcance, Definición del Alcance, Verificación del Alcance y Control de Cambios en el Alcance.
- Duración (Tiempo) del proyecto: Describe los procesos requeridos para asegurar el término a tiempo del proyecto. Esta área consiste en la Definición de las Actividades, la Secuencia de las actividades, Estimación de la Duración de las Actividades, Desarrollo del Programa y Control del Programa.
- Costos: Describe los procesos requeridos para asegurar la ejecución total del proyecto dentro del presupuesto aprobado. Esta consiste en la Planificación de los Recursos, Estimación de los Costos, Asignación del presupuesto y Control de Costos.
- Calidad: Describe los procesos requeridos para asegurarse de que el proyecto va a satisfacer las necesidades para las cuales fue ejecutado. Esta consiste en la Planificación de la Calidad, Aseguramiento de la Calidad y Control de Calidad
- Recursos humanos: Describe los procesos requeridos para realizar un uso más eficiente y eficaz de las personas involucradas con el proyecto. Esta consiste en la Planificación Organizacional, la Contratación del Personal, y en el Desarrollo del Equipo.
- Comunicaciones: Describe los procesos requeridos para asegurar la generación, recopilación, diseminación, almacenamiento y disposición final de la información del proyecto en forma adecuada y a tiempo. Esta consiste en la Planificación de las Comunicaciones, Distribución de la Información, Reporte del Rendimiento y Cierre Administrativo.
- Manejo de riesgos: Describe los procesos que tienen que ver con la identificación, análisis y respuesta al riesgo del proyecto. Esta consiste en la Planificación de la Gestión de Riesgos, Identificación de los Riesgos, Análisis Cualitativo de los Riesgos, Análisis Cuantitativo de los Riesgos, Planificación de las Respuestas a los Riesgos, y Monitoreo y Control de los Riesgos.

- Abastecimiento: Describe los procesos requeridos para adquirir bienes y servicios desde fuera de la organización ejecutante. Esta consiste en la Planificación de la Adquisición, Planificación de la Búsqueda de Proveedores, Selección de Proveedores, Administración del Contrato y Cierre del Contrato.
- Seguridad: Engloba a los procesos de elaboración del plan de seguridad, ejecución de lo planeado, control de la seguridad durante del desarrollo del proyecto, administración de la seguridad al cierre y elaboración de los reportes relacionados.
- Cuidado del medio ambiente y el entorno social: Contiene a los procesos de planeación en materia ambiental, aseguramiento de la ejecución del plan ambiental y control al respecto.
- Administración financiera: Incluye la planeación, ejecución y control financiero, así como la administración y récords en el cierre del proyecto.
- Controversias: Se encarga de los procesos de identificación, cuantificación, prevención y resolución de las reclamaciones y controversias.

## REFERENCIAS DEL CAPÍTULO

ASTON Ben, (2019), 9 Ejemplos De Metodología De Un Proyecto, Simplificados, Recuperado el 28 de abril de 2020 de <https://thedigitalprojectmanager.com/es/metodologias-gestion-proyectos-simplificadas/#methodology>

BERNABE, Rosa, (2012), Filosofía Lean Manufacturing, Recuperado el 5 de febrero de 2020 de <https://www.eoi.es/blogs/carmenrosabernabe/2012/02/06/filosofia-lean-manufacturing/>

BIMe Initiative, (2005), BIM hink Space, Recuperado el 25 de abril de 2020 de <https://www.bimthinkspace.com/>

Equipo BIMnD, Títulos profesionales BIM: perfiles, responsabilidades y competencias más demandadas <https://www.bimnd.es/titulos-profesionales-bim-perfiles-responsabilidades-competencias-mas-demandadas/>

CARVAJAL Riola, José Carlos (2008), Metodologías Ágiles: Herramientas y Modelo de Desarrollo para Aplicaciones Java como Metodología Empresarial, Tesis Final de Máster en Tecnologías de la Información, UPC – Barcelona.

CHUCK EastMan, Paul Twichoiz, Rafael Sacks, L.K: (2008), BIM Handook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. (John Wiley and Sons, Ed.), Notes and Queries (First Edit, Vol. s7-II), New Jersey, <https://doi.org/10.1093/nq/s7-II.32.110-e>

EYSSAUTIER de la Mora, Maurice (2006) *Metodología de la investigación: desarrollo de la inteligencia* (5 a edición) Cengage Learning Editores

PORRAS Hernán et al., (2014), Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review, Obtenido el 5 de abril de 2020 de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298/235>

HIGHSMITH Jim (2001), History: The Agile Manifesto, Agile Manifesto Organization, Recuperado el 16 de abril de 2020, <http://agilemanifesto.org/history.html>

HOLSER Epart, D., (2015), The BIM Manager's Handook CHANGE MANAGEMENT, Jhon Wiley and Sons

KANBANIZE, KANBAN Explicación para principiantes <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban>

KENSEK, K.M., (2014), Building Information Modeling, Building Information Modeling, Recuperado el 15 de mayo de 2020 de <https://doi.org/10.4324/981315906>

KOSKELA, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Stanford University, USA.

LOMELÍ Víctor, (2017, noviembre). El Nuevo Puerto de Veracruz será inteligente, Revista Obras, Recuperado el 16 de abril de 2020, <http://www.obrasweb.mx/construccion/2017/11/30/el-nuevo-puerto-de-veracruz-sera-inteligente>

MEDINA Nieves, Ascensión, (2019), Apertura, Gerencia de proyectos de infraestructura, *Foros en el marco del 30 Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 114-121.

NAVA Díaz, José Luis, (2019), La gerencia de proyectos para impulsar eficientemente la inversión pública en infraestructura, Gerencia de proyectos de infraestructura, *Foros en el marco del 30 Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 113.

Norma ISO 9001:2015

PENN STATE CICI Research Team, (2010), BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1, 2010, <https://ndoi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

PMI, Inc., (2017), *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*, Newton Square, Pennsylvania, Project Management Institute Inc.

RAWLINSON, S., (2015), *Estrategia del BIM para México*

ROBLEDO Cabello, Luis F., (2019), Presentación, Gerencia de proyectos de infraestructura, *Foros en el marco del 30 Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 111-112.

RODRÍGUEZ Hernández José Luis, (2019), *Aplicación de la Metodología BIM en la conservación de puentes existentes*, Tesis para obtener el grado de ingeniero civil, Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM.

SCHWABER y SUTHERLAND, (2016) *La Guía de Scrum, la Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego*, Obtenido el <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2016/2016-Scrum-Guide-Spanish.pdf#zoom=100>

SOFTENG, *Metodología Scrum para desarrollo de software – aplicaciones complejas*, Obtenido el 20 de mayo de 2020 de <https://www.softeng.es/es-es/empresa/metodologias-de-trabajo/metodologia-scrum.html>

UNDERWOOD Jason, I.U., (2010), *Building Information Modeling and Construction Informatics Concepts and Technologies*. (Information Science Reference, Ef.), New York Information Science Reference.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, (2007), *Employer's Information Requirements (EIRs) for University of Cambridge*

ZIGURAT GLOBAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, (2018), *La empresa y su proceso de transformación a BIM*, Recuperado el 15 de abril de 2020 de <https://www.e-zigurat.com/blog/es/transformacion-bim-empresa-y-proceso/>

### **3. EL PROYECTO EJECUTIVO Y LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA ASOCIADOS A LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES**

---

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único; los proyectos son llevado a cabo para cumplir objetivos a través de la producción de entregables. (PMBOK, 2017)

Objetivo: Es una meta concreta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto.

Entregable: Es un producto, resultado o capacidad única y verificable para ejecutar un servicio que se elabora para completar un proceso, una fase o un proyecto. Los entregables pueden ser tangibles o intangibles.

Cumplir con los objetivos del proyecto puede producir uno o más de los siguientes entregables:

- Un producto único, una mejora o corrección de un elemento, un nuevo elemento.
- Un servicio único o la capacidad para realizar un servicio.
- Un resultado único, tal como una conclusión o un documento, un proyecto de investigación que desarrolla conocimientos que se pueden emplear.
- Una combinación única de uno o más productos, servicios o resultados.

Los proyectos pueden ser llevados a cabo por una organización completa, por un pequeño grupo o por un equipo complejo formado por varias organizaciones.

Los proyectos son temporales, esto implica que tienen un inicio y un final definidos, no necesariamente que sea de corta duración, los entregables pueden existir más allá del cierre de las actividades.

La construcción de muelles requiere del desarrollo de un proyecto, como toda gran obra de ingeniería civil, se componen de una serie de fases: (Morris, 2010)

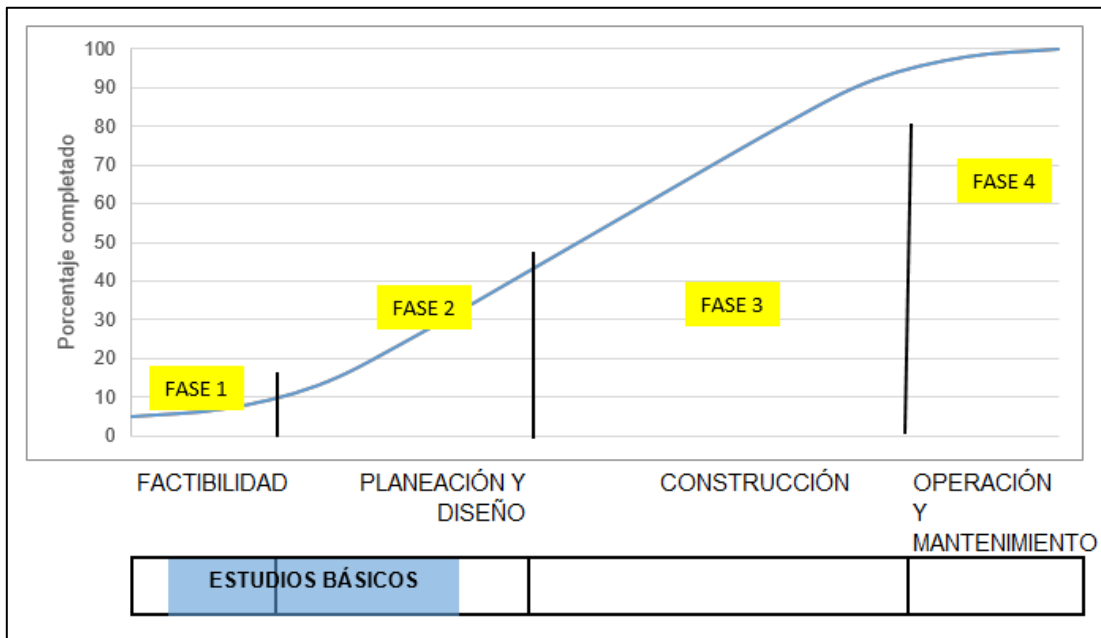
1. Revisión de la factibilidad: Los propósitos fundamentales son definir objetivos, requerimientos, evaluar la factibilidad del proyecto de manera detallada con base en aspectos técnicos, económicos y sociales.
2. Planeación y diseño: Es una etapa de concepción general y detallada de la obra, en esta fase se determinan las especificaciones definitivas (el diseño), se obtienen datos fundamentales en el sitio para elaborar dicho diseño, el costo, el programa, necesidad de recursos, bloques de tareas, etc.

3. Ejecución o construcción: Es la fase de mayor costo y duración, en la cual se debe hacer realidad lo definido en la etapa de diseño. Se ejecuta el plan de acción diseñado con el fin de materializar la obra.
4. Operación y mantenimiento: Implica el uso de la obra tras haber evaluado que se cumplió satisfactoriamente plan de ejecución para ahora cumplir con los objetivos para los que se diseñó.

Estas fases son generales y engloban a otras etapas y procesos que permiten la realización exitosa de un proyecto.

Una de las etapas fundamentales dentro del ciclo de un proyecto de construcción es la realización de los estudios de ingeniería básica, llamada así porque agrupa a todas las actividades enfocadas a obtener información de ingeniería que soporta el proyecto ejecutivo.

Dentro del Ciclo Representativo de Vida de un Proyecto de Construcción propuesto por Morris, este proceso se ubica a lo largo de las fases I y II (revisión de la factibilidad, planeación y diseño), puesto que la información obtenida en estos estudios es necesaria en procesos que se ubican en ese periodo como lo son: evaluación técnica y económica de la construcción del muelle, generación de alternativas, diseño de la cimentación y la estructura del muelle, dimensionamiento de la obra y otros procesos vinculados.



**Figura 20. La etapa de estudios básicos dentro del Ciclo Representativo de Vida de un Proyecto según Morris.**

Los estudios de ingeniería básica que se realizan para la construcción de muelles son principalmente el topográfico - batimétrico, el geotécnico, de impacto ambiental, de



dinámica litoral y meteorológico, que corresponden a especialidades técnicas elementales de la ingeniería civil. Es fundamental que todos los datos técnicos obtenidos sean congruentes con los requerimientos de la obra a proyectar, además es necesario llevar una cuidadosa integración de toda la información puesto que a partir de estos datos es posible elaborar el plan de ejecución de la obra.

### **3.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES**

Los muelles son estructuras fijas que conforman una línea de atraque continua, que en general rebasa en longitud la de la embarcación amarrada, y que están conectadas con tierra total o parcialmente mediante rellenos a lo largo de la parte posterior de las misma. (Aguirre, 2005)

Los muelles como obras de atraque y amarre de las embarcaciones cumplen las siguientes funciones:

- Establecer una zona de contacto entre las embarcaciones y la tierra firme.
- Crear una superficie que permita el paso de carga o pasajeros entre tierra y mar.
- Crear una zona terminal para el almacenamiento de mercancías entre los sistemas de transporte terrestres y marítimos.

Los muelles pueden clasificarse por dos criterios: de acuerdo a la función que desempeñan y de acuerdo a la configuración estructural de la construcción, de acuerdo al segundo criterio los muelles pueden ser de construcción abierta (construidos sobre pilas o pilotes) o de construcción cerrada (construidos con muro Milán o con estructuras de gravedad)

Para diseñar un muelle es necesario considerar: el área de superficie en planta para la obra (la disponible y la requerida), la configuración de la costa, conocer las pendientes del terreno en el sitio y la batimetría, las propiedades mecánicas e índice de los materiales del fondo marino y del subsuelo costero, la dinámica litoral, y aspectos relacionados con las embarcaciones que han de atracar en los muelles (López, 1986)

A continuación, se detalla acerca de las consideraciones que se hacen en el momento de llevar a cabo la proyección de un muelle:

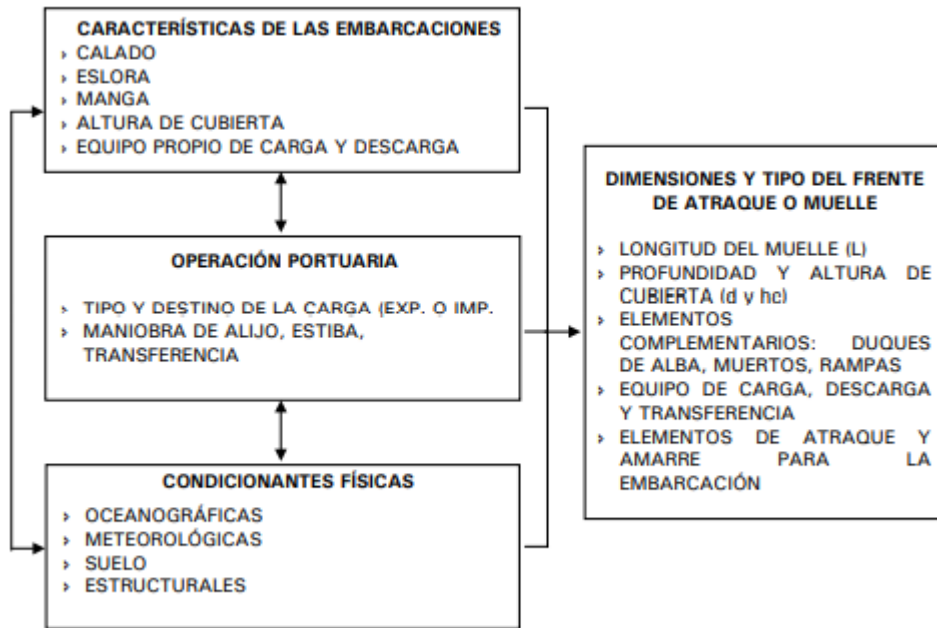


Figura 21. Factores que rigen el dimensionamiento del frente de atraque (SCT)

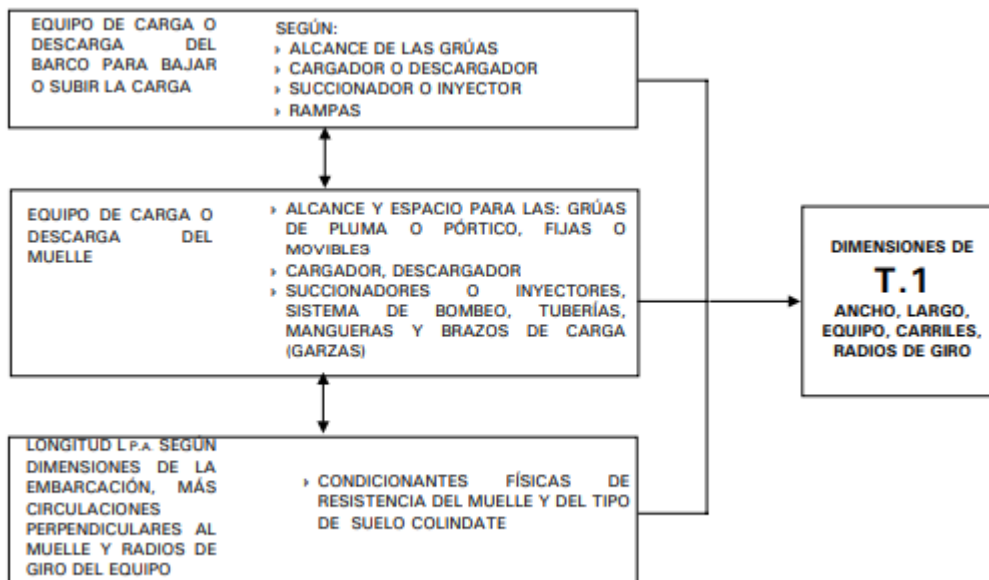


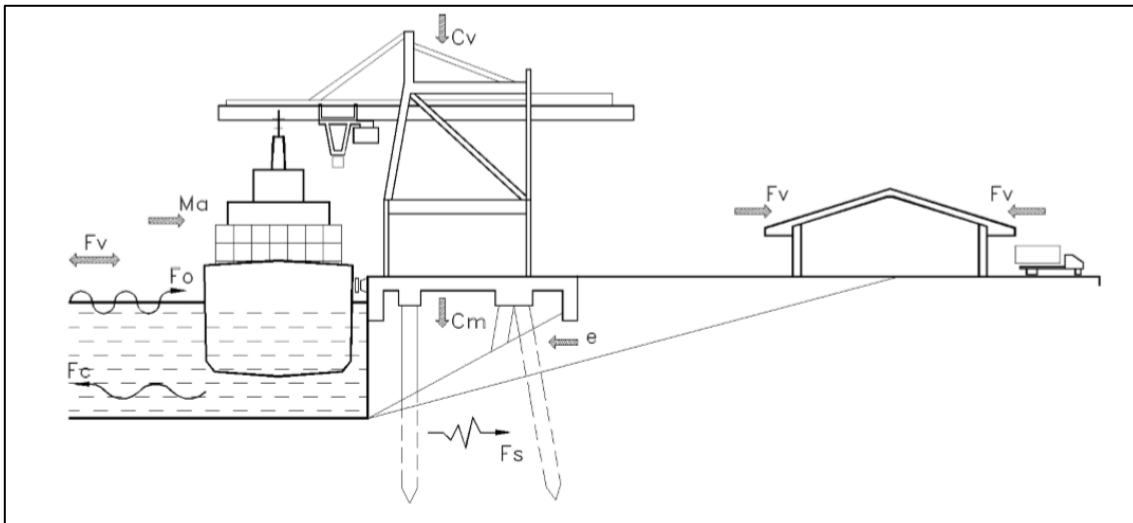
Figura 22. Condicionantes para el dimensionamiento de un muelle (SCT)

Tabla 7. Consideraciones para el diseño de muelles. (López, 1986)

Consideraciones para el diseño de muelles	Descripción
a) Área en planta	<p>La determinación de las dimensiones y de la configuración en planta de un muelle se realiza tomando en cuenta las consideraciones que a continuación se enlistan:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El tamaño, dimensiones, así como características y requisitos de maniobra y permanencia de las embarcaciones.</li> <li>2. Las ayudas a la navegación disponibles y los factores que afectan a su exactitud y fiabilidad, que determinarán las líneas o puntos de referencia para emplazar el buque.</li> <li>3. Los márgenes de seguridad que se establezcan para prevenir un contacto del buque con los contornos de las áreas de navegación.</li> </ol> <p>Generalmente el área en planta de los muelles se determina a través de métodos empíricos o semiempíricos, en los que las dimensiones son definidas en función de criterios basados en la experiencia ingenieril.</p>
b) Configuración de la costa	<p>Analizar la morfología de la costa permite elegir el tipo de muelle que se va a proyectar: marginal, espigón, etc., este análisis es fundamental en un contexto general de diseño del puerto para elegir los lugares en los que se ubica cada una de las obras, usando los elementos naturales de protección existentes.</p> <p>Para conocer la configuración de la costa es necesario consultar las cartas topográficas y fisiográficas disponibles con el fin de poder ubicar la zona del proyecto</p>
c) Pendiente del fondo y batimetría	<p>La batimetría es parte de los estudios previos a la construcción de un muelle, es muy importante para llevar a cabo un análisis de los requerimientos para las profundidades de diseño y canales de acceso puesto que a través de ellas es posible conocer la morfología y los niveles existentes en el nivel submarino.</p> <p>Conocer la configuración batimétrica también es fundamental para dimensionar los elementos de la subestructura de los muelles, puesto que conociendo la profundidad del fondo marino es posible dimensionar la altura de los muros que se usarán como base o el largo de las pilas y los pilotes usados según sea el caso.</p>

	Es necesario tener conocimiento pleno de la batimetría en el sitio, por esta razón, se considera como una de las investigaciones fundamentales de ingeniería básica para el diseño de muelles y en general de las obras marítimas.
d) Propiedades del subsuelo	Este aspecto es fundamental para diseñar la cimentación y determinar la profundidad a la que esta será desplantada. Además de conocer los aspectos geotécnicos del subsuelo marino, es indispensable que se hagan sondeos geotécnicos en el lado de tierra también.  Para conocer las propiedades del suelo se requiere de la realización de un estudio geotécnico que incluya métodos directos e indirectos de exploración con el fin de caracterizar a detalle la estratigrafía en el sitio.
e) Aspectos de las embarcaciones	Un proyecto para la construcción de muelles debe considerar el calado de las embarcaciones que han de atracar, para el dimensionamiento hay que considerar principalmente a la embarcación de mayores dimensiones
f) Dinámica litoral	Tomar en cuenta este aspecto es considerar aspectos sobre el oleaje y fenómenos asociados a las mareas y a la dinámica del océano, como lo son: el fenómeno de sentado del buque por efecto del oleaje, el oleaje en plena operación de las embarcaciones, el aterramiento, etc.

Las solicitaciones o **fuerzas actuantes** que se consideran en el diseño estructural de muelles se ilustran en la Fig. 23 y la forma de obtenerlas es la siguiente (SCT):



**Figura 23. Fuerzas actuantes consideradas en el diseño de muelles (SCT)**

- a) **Carga Muerta ( $C_m$ ):** La carga muerta es la suma del peso de todas y cada una de las partes estructurales del muelle completo.

- b) **Cargas Vivas (Cv):** Estas cargas pueden subdividirse en dos grupos: uniformemente distribuidas y móviles

Cargas Uniformemente Distribuidas: Se recomienda considerar valores mínimos de cargas vivas uniformes inherentes al uso del muelle.

Cargas Vivas Móviles: Son las producidas por el equipo que se utiliza sobre el muelle para el manejo de la carga.

En el caso de grúas fijas, giratorias, sobre rieles o cualquier otro tipo, los fabricantes proporcionan los planos de carga que sirven para el diseño.

Cuando se trata de muelles petroleros, habrá que considerar también las cargas producidas por los brazos de carga o descarga (garzas), así como las de las tuberías de producto y lastre sobre la plataforma o área de operaciones.

En la carga de ferrocarril, dominan generalmente las concentraciones proporcionadas por la locomotora, más que el peso de los vagones cargados. Actualmente se considera la locomotora Diesel – Eléctrica por ser la más usual.

- c) **Impacto del Buque al atracar:** La fuerza horizontal originada por el impacto de la embarcación al atracar, depende de:

Masa o Desplazamiento del Barco (M1): Es un dato conocido ya que se tiene conocimiento de las características del barco de diseño; para ello se requiere conocer las T.P.M. de diferentes tipos de barcos, así como las dimensiones, calado máximo, masa hidrodinámica y energía cinética de atraque para diferentes velocidades de acercamiento.

Masa Hidrodinámica (M2): Este peso se conoce como masa adicional (cilindro de agua), cuya expresión de cálculo es:

$$M2 = \frac{\pi H^2}{4} \rho E = 0.805 E H^2$$

Donde:

$\rho$  = Peso específico del agua de mar  
(1.025 ton/m<sup>3</sup>)

H = Calado máximo del barco (m)

El peso total a considerar en el atraque será la suma del peso del barco y el adicional del cilindro de agua.

$$Ma = M1 + M2 \text{ (ton)}$$

- d) **Velocidad de Acercamiento (Vt):** Depende de diversos factores, tales como: tamaño del barco, pericia del piloto, facilidades para el ataque, condiciones climáticas y del mar, etc.
- e) **Energía de Atrache (Et):** La energía cinética de atrache de un barco se calcula con la siguiente expresión:

$$E_t = M_a V_t^2 / 2g = (M_1 + M_2) V_t^2 / 2g$$

(ton-m)

En la mayoría de los casos el atrache de proa o de popa, se realiza con un cierto ángulo con respecto al paramento ( $V_t = V_{\text{barco}} \sin \alpha$ ), haciendo que el barco tienda a desplazarse (rebote) y girar al mismo tiempo, por lo que la energía cinética total se consume parcialmente, pudiéndose calcular con la siguiente expresión:

$$E_p = M_a V_t^2 / 2g [(l/r)^2 / 1 + (l/r)^2] \text{ (ton - m)}$$

Donde:

$l =$  Distancia del punto de atrache al centro de gravedad de la embarcación (m)

$r =$  Distancia del centro de gravedad del barco al punto de atrache sobre la superficie del agua.

#### Energía Cinética Efectiva de Atrache (Ee)

Si se asume que la superficie del barco al nivel del plano del espejo de agua, tiene forma rectangular, el radio de giro tenderá a tomar un valor del orden de  $\frac{1}{4}$  de eslora.

A esto se le denomina acercamiento al "Punto Cuarto", que es el más frecuente y en donde el impacto se produce a  $\frac{1}{4}$  de la eslora, midiendo de proa hacia popa. La energía cinética efectiva puede calcularse a partir de:

$$E_e = E_t - E_p = \frac{1}{2} (M_a V_t^2 / 2g)$$

$$E_e = \frac{1}{4} (M_a V_t^2 / g) \quad \text{(ton - m)}$$

- f) **Fuerza de Viento (Fv):** El diseño de los elementos de amarre consiste en determinar su tipo, capacidad, cantidad y ubicación dentro del muelle, siendo fundamental para ello la acción ejercida por el viento.

La presión del viento, debe considerarse aplicada perpendicularmente sobre el área expuesta de la embarcación en condiciones de barco descargado y actuando tanto longitudinal como transversalmente.

Para un muelle en espigón donde pueden llegar a estar atracados dos barcos simultáneamente, se debe considerar el empuje total del viento actuando sobre la nave expuesta a la acción del mismo y sólo el 50% de la fuerza de viento sobre la nave atracada en el otro lado del muelle.

Los diferentes criterios para calcular la fuerza del viento se indican a continuación:

- a. D.I.N. (Alemania)  $F_v = k A_n q$

Donde:  $F_v$  = Fuerza del viento contra la superficie expuesta (Kg)

$k$  = Coeficiente empírico que considera los efectos de las presiones de viento: directa y de sotavento (1.2 como mínimo, 1.4 normal)

$A_n$  = Área neta del barco normal a su eje longitudinal, expuesta al viento ( $m^2$ )

$q = 16^2 U$  (presión ejercida por el viento)

$U$  = Velocidad del viento (m/seg)

- b. Laboratorio de Francia: Considera que la velocidad máxima para que un barco pueda atracar, fluctúa de 12.5 a 15 m/seg. Su expresión para calcular el efecto del viento durante el atraque, es:

$$F_v = K A (U - V_b)^2$$

Donde:  $K = 60 \times 10^{-3}$   $V_b$  = Velocidad del barco en m/seg (normalmente despreciable respecto a  $U$ )  $F_v$  en Kg,  $A$  en  $m^2$  y  $U$  en m/seg

Como aproximación inicial se puede emplear  $U = 15$  m/seg y  $V_b = 0.30$  m/seg

La fuerza retardante debida a la resistencia del agua, puede calcularse con:

$$F_r = K' A' U^2 \text{ (Kg)}$$

Donde:  $K' = 60$   $A'$  = Área de la superficie sumergida del barco considerada como plena ( $m^2$ )  $U$  en m/seg

- c. PIANC: Recomienda para viento actuante perpendicular al eje longitudinal del buque:  $F_v = 1.6 \times 10^{-6} E_f (h_c - H_m + 15) U^2$  (ton)

Donde:  $E_f$  = Eslora de la línea de flotación en ft  $h_c$  = Altura de la cubierta principal en ft  $H_m$  = Calado medio en ft  $U$  en nudos

d. A. Eggink (Laboratorio de Delft) Encontró en base a pruebas con modelos de laboratorio, que  $V_b/U \approx 1/20$ , valor cuyas variaciones tienen gran dependencia de la forma del barco y su calado.

- g) **Fuerza de Oleaje (Fo):** Su análisis no es muy común, excepto cuando se trata de obras fuera de la costa (Off-Shore). Una manera de considerar este efecto, es:

"Considerar la fuerza horizontal producida por el oleaje, como un tercio de la total debida al viento actuando paralelamente a ésta".

Esta es una simplificación aceptable como una primera aproximación y en casos particulares de importancia debe realizarse un análisis específico.

- h) **Fuerza de Corriente (Fc):** Tal como sucede en el oleaje y debido a la protección que ofrece el puerto, las corrientes no son comúnmente consideradas actuando en una embarcación atracada y en realidad las fuerzas que generan son pequeñas respecto a las producidas por viento; en casos especiales (muelles sobre ríos) es recomendable su análisis.

Para el cálculo de la fuerza que produce la corriente, existen gran variedad de fórmulas que esencialmente están conformadas de la misma manera; a continuación, se indican dos criterios:

a. Japón

Para corriente normal al eje del barco:

$$F_c = 0.14 S_m V_f^2 \text{ (ton)}$$

donde:  $S_m$  = Superficie mojada ( $m^2$ )  $V_f$  = Velocidad de la corriente (m/seg)

b. PIANC

b.1 Acción de corriente perpendicular al eje del buque:

$$F_c = 1.6 \times 10^{-3} A V_f^2$$

donde:  $F_c$  = Fuerza contra la superficie expuesta (ton)  $A$  = Área lateral proyectada bajo el agua ( $ft^2$ )  $V_f$  en nudos

b.2 Acción de corriente en la dirección del eje del buque:

$$F_c = 3 \times 10^{-6} A V_f^2 \text{ (ton)}$$



donde:  $A = 15.6 V_f W E_f$  (Superficie mojada en  $ft^2$ )  $W$  = Desplazamiento (ton)

$E_f$  = Eslora al nivel de flotación (ft)

En última instancia, la fuerza resultante entre viento, oleaje y corriente, es la que debe tomarse en cuenta para el cálculo de la capacidad de los elementos de amarre; el coeficiente de seguridad (hasta 4) que establece el fabricante de éstos, es solo un rango adicional de incertidumbre relacionado con los materiales utilizados en su elaboración.

- i) **Fuerza de Sismo (Fs):** Para tal efecto, se deben considerar los coeficientes sísmicos establecidos en la "Regionalización Sísmica de la República Mexicana" de la Comisión Federal de Electricidad, que establece coeficientes según la zona y el tipo de suelo; además considera coeficientes básicos para análisis estático o espectros de diseño con períodos de vibración en el caso de análisis dinámico.

La Fuerza por Sismo  $F_s$ , se obtiene con:

$$F_s = C_s (C_M + 0.50 C_V) \text{ (ton)}$$

Aún en el caso de áreas específicamente asísmicas, es recomendable considerar al menos un  $C_s = 0.08$  (correspondiente a un suelo firme de la Zona A).

- j) **Empuje de Tierras:** En el diseño de muelles siempre está presente el problema de la interacción suelo – estructura y normalmente la existencia de taludes, siendo necesario el análisis de estabilidad del conjunto; para ello pueden emplearse los métodos del Círculo de Falla, Cuña de Deslizamiento o Dovelas (sueco), cuyos detalles pueden consultarse en las referencias. En estos casos, el mejor conocimiento de las condiciones del suelo (tipo de material, ángulo de fricción interna,  $D_{50}$ , cohesión, etc.), permite más precisión en los cálculos y mayor certidumbre en los resultados.

Para el caso de empuje de tierras, generalmente empleado para el diseño de pilotes, pilas y tablaestacas, los procedimientos más simples consideran sólo el empuje activo a través de la expresión de Coulomb:

$$E_a = K_a \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

donde:  $K_a$  = Coeficiente de empuje activo  $\phi$  = Angulo de fricción del material del talud

Métodos más completos hacen intervenir, además, el empuje pasivo y la participación del sismo.

Para el diseño integral del muelle, sobre todo cuando se usan programas de computadora, es común analizar diversas combinaciones de carga, siendo las más usuales las siguientes:

- a) Para superestructura
  - a.1 CM + 100% CV
  - a.2 CM + Cv móvil, en cualquier posición
  
- b) Para subestructura
  - b.1 CM + 100% CV
  - b.2 CM + sismo
  - b.3 CM + 100% CV + Viento
  - b.4 CM + 100% CV + Atraque

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES**

En la construcción de muelles se utilizan una gran variedad de procedimientos, los más comunes son: el que se realiza iniciando la construcción en seco y una vez que se termina la obra se procede a dragar el lado de mar para inundar la zona (de mayor practicidad), y el otro procedimiento se efectúa construyendo la subestructura o cimentación bajo el agua y utilizándola como apoyo para la superestructura. (López,1986)

De acuerdo con su configuración estructural, las técnicas de construcción pueden clasificarse de acuerdo al sistema empleado durante el proceso, como ya se mencionó en el capítulo anterior, los muelles pueden ser de construcción abierta o de construcción cerrada, a continuación, se describen las técnicas empleadas en la práctica profesional (López, 1986):

#### **Muelles de construcción abierta o de plataforma**

Son aquellos muelles en los que la estructura está formada por una plataforma sustentada en pilotes o pilas, de esta manera, el paramento que conforma la línea de atraque no es continuo, permitiendo el paso del flujo del agua.

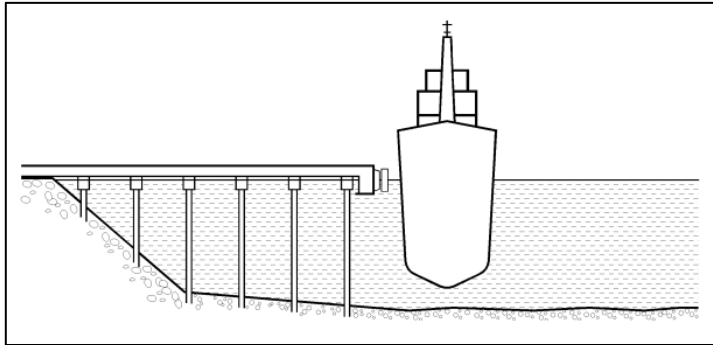
#### **Muelles construidos sobre pilotes**

La estructura está conformada por una plataforma soportada por un conjunto de pilotes verticales y/o inclinados, en el caso de existir un relleno adosado, la estructura puede complementarse con una estructura de contención de tierras y de unión en la corona del talud. En ocasiones se lleva a cabo un anclaje a la plataforma con el fin de mejorar su resistencia a las fuerzas horizontales.

Los pilotes en este tipo de muelles funcionan como subestructura o cimentación, estos elementos pueden ser de tres tipos de acuerdo al material con el que están elaborados: madera, concreto reforzado y acero.

El proceso de colocar los pilotes en el sitio que indica el proyecto se conoce como hincado, para llevar a cabo esta maniobra se utiliza una máquina llamada piloteadora.

La operación de hincado deberá hacerse de manera que los pilotes queden alineados y dentro de las tolerancias permitidas por el proyecto.



**Figura 24. Muelle construido sobre pilotes (SCT)**

### **Muelles construidos sobre pilas**

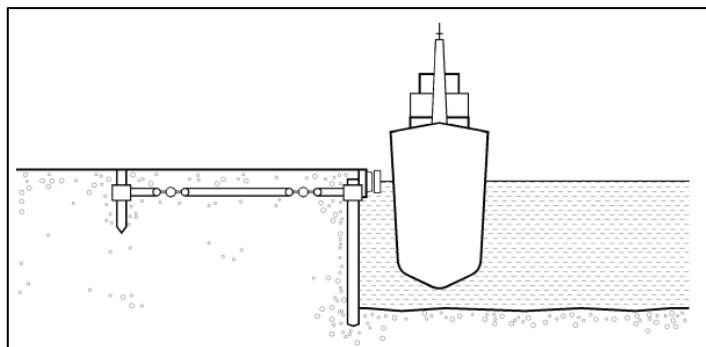
A diferencia de los muelles construidos sobre pilotes, la estructura de estos muelles se compone de una plataforma apoyada en pilas, generalmente construidas a gravedad. Las pilas deben apoyarse sobre el estrato resistente del subsuelo o en su defecto es necesario mejorar el fondo marino con fragmentos de roca para mejorar el contacto y la estabilidad de la estructura en general.

Las pilas se construyen usando un equipo especial de perforación, de forma simultánea a la perforación se coloca un ademe o lodo bentónico de acuerdo a las características del subsuelo hasta llegar al nivel de desplante que indica el proyecto.

Es importante que las pilas estén unidas con la plataforma de la estructura superior del muelle, por ello, se prolonga el acero de refuerzo por arriba del nivel de la cabeza de cada una de las pilas para llevar a cabo el amarre.

### **Muelles de construcción cerrada o de paramento vertical**

Este tipo de muelles se forman por un paramento vertical o cuasi vertical que va desde la línea de atraque hasta la cimentación y no permite el flujo de agua a través de ella.



**Figura 25. Muelle construido con tablestacado anclado (SCT)**

## Muelles construidos con muro Milán o tablaestacas

Utilizan elementos rígidos planos como las tablestacas (metálicas o de concreto) o los muros Milán para contener el suelo del lado terrestre y como pantalla divisoria, se auxilian además de una serie de anclajes para poder cumplir con la función estructural.

## Muelles construidos con estructuras de gravedad

Los muelles de este tipo están diseñados para soportar las acciones externas gracias a su peso propio, se subdividen en:

### a) De bloques precolados

Está formado por una estructura de bloques prefabricados de concreto que pueden ser macizos o huecos en su interior y que son rellenos con material granular.

El proceso constructivo implica excavar una franja en el fondo sobre la que se coloca roca triturada para dar mayor apoyo a los bloques de la base de la estructura, mientras que los bloques se colocan utilizando grúas y transportados por chalanes o vehículos terrestres. (López, 1986)

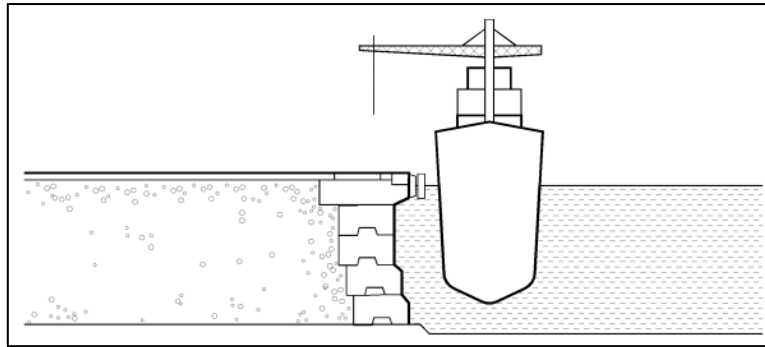


Figura 26. Muelle construido con muros de contención de bloques (SCT)

### b) De bloques colados *in situ*

Esta técnica es usada únicamente cuando la construcción se lleva a cabo sobre terreno firme y seco, la cimbra utilizada para el colado de los bloques debe ser de un material que no se deforme por las acciones de la salinidad del agua del mar, el aire, y se han de construir a modo de que eviten la fuga del concreto y que puedan resistir las presiones del mismo.

Como base de la estructura de bloques, los expertos recomiendan colocar roca triturada sobre una cepa previamente excavada con el fin de mejorar el contacto con el terreno natural. (López, 1986)

### c) De cajones

La estructura se construye mediante cajones prefabricados en concreto armado con celdas interiores que aligeran su peso. Posterior a su construcción son posicionados en

el sitio de su colocación y posteriormente fondeados y llenados con agua, material granular o concreto pobre.

En general, los muros de bloques o cajones se construyen con una ligera inclinación hacia tierra para mejorar su estabilidad, la inclinación antes mencionada se logra colocando los bloques de la primera fila con la inclinación proyectada, de esta manera los siguientes tomarán la inclinación también. (López, 1986)

#### d) De concreto sumergido

Estos muelles son construidos casi en su totalidad bajo el agua, el proceso seguido para su construcción consiste en bombear concreto con aditivos a una cimbra submarina.

#### e) Muros en L

El funcionamiento estructural de estos muelles es similar al de los muros de contención. De manera habitual, el elemento estructural en forma de "L" es construido "in situ".

### 3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUELLES

Como se describe en el punto anterior, la investigación previa al diseño de un muelle debe proporcionar información certera de la topografía del sitio, de las acciones accidentales en el lugar (vientos, mareas, oleajes, corrientes), así como datos sobre el subsuelo y su comportamiento.



Figura 27. Los estudios de ingeniería dentro del proyecto de construcción de muelles

Los estudios de ingeniería básica definen los lineamientos generales e ideas básicas de un proyecto de ingeniería, estas definiciones son los pilares sobre los que se basa el proyecto ejecutivo (ingeniería de detalle), para la ejecución de los planos constructivos. En resumen, los estudios básicos son el soporte del proyecto ejecutivo puesto que definen qué se va a hacer.

Se llama proyecto ejecutivo al compendio de todos los estudios y documentos que hacen posible la construcción de la obra; a este nivel, los planos generados son definitivos y detallados

A partir de los estudios previos, es posible tomar decisiones:

1. Sobre las alternativas de solución al problema para el que va a servir la investigación.
2. Sobre el diseño de la estructura.
3. Sobre la elección de los procedimientos de construcción más adecuados.

En las páginas siguientes se detalla sobre los estudios básicos: el propósito, procedimiento, maniobras y entregables en cada caso.

## LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

Para poder hacer el diseño de un muelle es fundamental tener un levantamiento topográfico de la zona de interés que incluya de manera primordial la batimetría del sitio, a modo de obtener las curvas de nivel del fondo marino; para llevar a cabo este trabajo, en la práctica se utilizan métodos de exploración acústicos que permiten levantar la configuración de la zona.

Los datos batimétricos son la base que permite describir la superficie subacuática y conocer la morfología del terreno no visible por encontrarse debajo del agua. Es fundamental tomar en cuenta que debido a la dinámica que ocurre en las aguas del recinto portuario, la configuración batimétrica varía constantemente, en algunos casos de manera frecuente y drástica, por lo que la batimetría en la zona representa una referencia de la realidad.

El levantamiento topográfico puede llegar a ser lo más detallado posible, se sugiere que a nivel de anteproyecto se haga una consulta de los levantamientos existentes llevados a cabo por instituciones técnicas con el fin de tener una referencia que reduzca la incertidumbre.

**Tabla 8. Descripción del levantamiento topográfico y batimétrico (Cardozo y Arenas, 2016)**

Topografía y batimetría para el proyecto de muelles	
Información obtenida	Características físicas del terreno en las partes terrestres y acuáticas: altimetría (niveles del terreno con respecto a un punto de referencia) y planimetría (representación del terreno en el plano).
Utilidad	Conocer las variaciones del tirante de agua en la parte litoral y los desniveles en el lado de tierra para dimensionar geoméricamente el muelle.
Personal a cargo	Ingenieros topógrafos, geomáticos, civiles y sus colaboradores especialistas técnicos, auxiliares de campo y oficina.
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estaciones totales, teodolitos electrónicos, distanciómetros.</li> <li>• Equipos GNSS (Global Navigation Satellite System)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS</li> <li>• Drones para levantamientos fotogramétricos.</li> <li>• Equipo auxiliar: embarcaciones menores.</li> </ul>
Procedimiento	<p>Independientemente del método, los datos de topografía se toman en el sitio, es un trabajo de levantamiento de datos en campo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de información preliminar y planeación del levantamiento.</li> <li>2. Trabajo en campo, se toman los puntos necesarios para poder armar el modelo.</li> <li>3. Postproceso: forma de aplicar correcciones diferenciales o ajustes a los datos levantados.</li> <li>4. Generación de modelo y entregables (reporte técnico)</li> <li>5. Aclaraciones posteriores.</li> </ol>
Entregable	<p>Reporte de resultados 3D: Modelo 3D en paquetería BIM o CAD, gráfico, tabla de volúmenes si se requieren. En ocasiones se entregan fotografías aéreas.</p> <p>Reporte convencional: Plano de curvas de nivel, croquis de localización, gráfico, tabla de volúmenes si se requiere.</p>

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de impacto ambiental es un procedimiento que sirve para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado. En la mayoría de los casos viene acompañado de una serie de recomendaciones para mitigar el impacto de los daños ambientales que pudieran provocarse.

En la actualidad, este es uno de los estudios más importantes porque se busca lograr el menor daño ambiental en la zona de ejecución de la obra, por tal motivo, las legislaciones incluyen al reporte de este estudio como uno de los requisitos para el inicio de los trabajos

**Tabla 9. Descripción del estudio de impacto ambiental.**

Estudio de impacto ambiental	
Información obtenida	Información sobre el entorno del proyecto, impactos ocasionados, medidas para aminorar daños.
Utilidad	Identificar y mitigar los impactos ambientales que produce la construcción de la obra.
Personal a cargo	Ingenieros ambientalistas o biólogos con experiencia en trabajos para obras de infraestructura, así como sus auxiliares técnicos.
Equipo	Equipo de cómputo.

Procedimiento	Llevar a cabo esta investigación implica consultar diversas fuentes bibliográficas y electrónicas sobre las condiciones del sitio: informes regionales, investigaciones previas, términos de referencia del proyecto, etc.  En algunos casos, cuando la situación lo amerita, es necesario acudir al sitio de proyecto para poder hacer recopilación de información en campo.
Entregable	Documento: Manifestación de Impacto Ambiental y medidas de mitigación asociadas.

## ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para llevar a cabo el diseño de un muelle es fundamental caracterizar el subsuelo del sitio a través de la realización de la exploración geotécnica para su posterior análisis en el laboratorio y valoración por el equipo de ingenieros geotecnistas.

El estudio geotécnico comprende cuatro etapas fundamentales: recopilación de información preliminar, trabajos de campo, laboratorio y etapa de gabinete, la primera de ellas se realiza en el sitio de interés y es de fundamental importancia puesto que la calidad de los datos y las muestras obtenidas en campo son cruciales para realizar las recomendaciones oportunas con respecto al proyecto, por este motivo, el programa de exploración y laboratorio deben ser acordes a la magnitud del proyecto de tal manera de proporcionar los elementos geotécnicos necesarios para el diseño del muelle en condiciones estáticas y bajo sismo.

Los trabajos de campo también son conocidos como trabajos de exploración del subsuelo, estos trabajos incluyen la realización de ensayos en el sitio (prueba de penetración estándar SPT) para medir parámetros del suelo in situ, y el muestreo de suelo y roca de los estratos a distintas profundidades para su posterior análisis en el laboratorio geotécnico.

El programa de los trabajos de exploración depende de las condiciones físicas del sitio y a las condiciones impuestas por el proyecto: En el caso de las condiciones físicas debe considerarse si la exploración se hará en tierra, aguas protegidas o desprotegidas, y en cuanto a las condiciones del proyecto debe conocerse si se trata de una obra nueva o de la ampliación de un muelle existente.

La exploración puede ser de dos tipos: directa o indirecta, la exploración directa más usual corresponde a sondeos con el uso de prueba de penetración estándar (SPT), o a sondeos mixtos en los que la prueba SPT se combina con la extracción de muestras con ayuda de tubo shelby, barril de broca de diamante o barril Denison, según corresponda.

La exploración con métodos indirectos más usual se enlista a continuación:

- Sísmica de refracción: a partir de este método es posible inferir la estratigrafía del subsuelo.



- Sísmica de reflexión: es posible conocer la longitud de elementos estructurales que se encuentran por debajo.
- Down hole: permite conocer parámetros dinámicos.
- Sondeos eléctricos verticales.

El muestreo implica extraer especímenes representativos de los estratos del subsuelo a través de máquinas perforadoras que obtienen muestras alteradas y semi inalteradas a profundidades de hasta 400 m de manera continua con auxilio de muestreadores y tubería de perforación.



**Figura 28. Realización de un estudio geotécnico para la construcción de un muelle.**

Las muestras obtenidas en campo son enviadas al laboratorio, en donde son estudiadas para determinar parámetros de las propiedades índice y mecánicas necesarias para caracterizar el suelo y en algunos casos, obtener datos clave para el diseño del muelle.

Es conveniente complementar la exploración realizada de manera directa con un análisis indirecto, haciendo uso de los métodos geofísicos para obtener un perfil estratigráfico continuo de una línea de exploración.

**Tabla 10. Descripción del estudio geotécnico.**

Geotecnia para el proyecto de muelles	
Información obtenida	Estrato resistente para apoyar la cimentación, tipo de cimentación más adecuada, propiedades del subsuelo de la zona de proyecto y recomendaciones para la construcción.
Utilidad	Definición y cálculo estructural del muelle, dimensionamiento de los elementos estructurales, elección de procedimientos constructivos y equipo más adecuados por las condiciones físicas del subsuelo.
Personal a cargo	Equipo de ingeniería geotécnica: personal de exploración en campo (supervisor de exploración, perforistas y sus auxiliares, equipo de exploración geofísica), laboratorio

	(laboratoristas geotécnicos y en ocasiones ingenieros geólogos) y gabinete (ingenieros geotecnistas y sus auxiliares).
Equipo	<p><u>Exploración en campo:</u> Para la exploración directa se utilizan máquinas perforadoras (funciones de presión, percusión y rotación), barras de perforación, rocas, muestreadores (tubo partido, tubo Shelby, barril Denison), para la exploración mar adentro se usan plataformas, balsas y vehículos remolcadores para facilitar la realización de los trabajos.</p> <p>Para la exploración indirecta se usa equipo de exploración geofísica como sondas, radares, geófonos, etc.</p> <p><u>Laboratorio:</u> Instrumentos para la realización de pruebas índice y mecánicas a muestras de suelo (horno de secado, copa de Casagrande, juegos de mallas para tamizado granulométrico, prensas, consolidómetros, cámaras triaxiales, etc.).</p> <p><u>Gabinete:</u> Equipo de cómputo y programas especializados.</p>
Procedimiento	Comprende cuatro etapas fundamentales: recopilación de información preliminar, trabajos de campo, laboratorio y etapa de gabinete
Entregable	<p>Reporte técnico y dictamen donde se define la cimentación del muelle, criterios y parámetros que soportan el análisis, así como recomendaciones de construcción, maniobras y procedimientos.</p> <p>Modelo de la estratigrafía de la zona del proyecto.</p>

## ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL

Las condiciones oceanográficas son condicionantes físicas que representan un factor importante para el dimensionamiento de un muelle, estas pueden conocerse a través de un estudio de dinámica litoral.

Se entiende como estudio de dinámica litoral al que involucra el conocimiento del comportamiento de las mareas, el oleaje en el sitio y el movimiento de las corrientes en la zona.

Las mareas son importantes por los niveles que alcanzan y sobre todo por las corrientes que originan. En México es costumbre referir las elevaciones con respecto a niveles promedios registrados

En lo correspondiente a las corrientes, los efectos de estas son determinantes para proyectar obras marítimas, existen varias maneras para determinar las velocidades de las corrientes: usando corrientómetros en diferentes localizaciones y profundidades, el uso de expresiones teóricas o la lectura de cartas internacionales.

Conocer el efecto del oleaje es importante, la importancia radica en involucrar el efecto de la fuerza que las olas provocan sobre la estructura del muelle.

**Tabla 11. Descripción de la investigación de dinámica litoral.**

Dinámica litoral para el proyecto de muelles	
Información obtenida	Fuerzas inducidas por el oleaje ( $F_o$ ) y la corriente ( $F_c$ ), variación de la marea en el sitio.
Utilidad	Involucrar las fuerzas actuantes originadas por la dinámica litoral en el diseño estructural del muelle y considerar la variación de la marea en el dimensionamiento.
Personal a cargo	Equipo de ingeniería de costas, ingenieros civiles especialistas en hidrología.
Equipo	<p>Medición del oleaje: boyas de oleaje Datawell, sensores de presión. Radares, perfiladores de corriente.</p> <p>Medición de las corrientes: correntímetros monopunto, perfiladores de corriente, velocímetros, radares de alta frecuencia y derivadores de seguimiento lagrangiano.</p> <p>Variación de las mareas: sensores de presión, mareógrafos, correntímetros, perfiladores, sistemas aéreos verticales.</p>
Procedimiento	<p>Algunos datos están disponibles para su consulta debido a que en algunos casos las instalaciones portuarias mexicanas se encuentran instrumentados con boyas que detectan parámetros de corrientes y oleajes.</p> <p>El oleaje es un fenómeno que requiere de una serie una aproximación estadística o espectral de una serie temporal de medidas. Todas las técnicas para estimar el oleaje requieren de un cierto tiempo y un proceso matemático de los datos. Las tecnologías existentes son las siguientes: la boya Datawell, la tecnología Doppler, aproximaciones mediante radar, etc.</p> <p>La medida de corrientes puede llevarse a cabo con instrumentos diseñados bajo distintos métodos: acústico (Doppler), radar y seguimiento lagrangiano</p> <p>La medida y predicción de la marea puede medirse a través de los siguientes métodos: “desde abajo” (estudio de la variación cíclica de la presión hidrostática en la columna de agua), mediante sensores de presión o mareógrafos (estudios de los flujos de agua forzados por la marea mediante correntímetros o perfiladores) y método “desde</p>

	arriba” (estudio del registro del nivel de la superficie libre del mar mediante el uso de sistemas aéreos verticales no intrusivos)
Entregable	Reporte técnico con las mediciones obtenidas y los parámetros a considerar en el diseño.

## ESTUDIOS METEOROLÓGICOS

Los aspectos meteorológicos son parte de las condicionantes físicas que se consideran para el dimensionamiento del frente de atraque en un muelle, el aspecto que más impacta como fuerza actuante es el viento.

El viento origina corrientes y oleajes sobre el océano, debido al esfuerzo tangencial que ocasiona su acción sobre la superficie de agua, por otro lado, las instalaciones de los muelles reciben el efecto del viento y debe ser considerado como una carga básica de diseño.

Por las razones mencionadas en el párrafo anterior, es necesario contar con registros de viento reinante o más frecuente, estos datos son muy importantes para la orientación de una estructura marítima.

Los registros sobre el viento pueden obtenerse de datos estadísticos del lugar medidos “in situ” en las estaciones meteorológicas instrumentadas por el Servicio Meteorológico Nacional o de las cartas internacionales.

**Tabla 12. Descripción de la recopilación de datos meteorológicos para el proyecto de muelles.**

Recopilación de datos meteorológicos para el proyecto de muelles	
Información obtenida	Velocidad, dirección, presión y empuje total (fuerza) del viento Fv.
Utilidad	Involucrar Fv como una de las fuerzas actuantes en el diseño de muelles.
Personal a cargo	Proyectista o equipo de ingeniería encargado de la recopilación de datos meteorológicos.
Equipo	Los instrumentos que miden variables meteorológicas generalmente se encuentran alojados en una instalación conocida como estación meteorológica. El anemómetro es el instrumento que se usa para medir la velocidad del viento y la veleta permite conocer la dirección del viento.  Para la medida de variables mar adentro se utilizan sistemas especiales dispuestos en boyas meteorológicas.
Procedimiento	Los parámetros se obtienen de lecturas hechas a los instrumentos ya descritos:  La velocidad del viento es el promedio aritmético de las velocidades medidas en un lapso de 10 minutos, su unidad de medición para EMAs (estaciones automatizadas) es en km/h., para ESIMes es m/s.

	El valor obtenido es el promedio de 10 minutos de la dirección del viento. La dirección indica de donde proviene el viento, su unidad de medición es en grados Dextrorsum (giro en sentido de las manecillas del reloj) donde 0° es norte verdadero.
Entregable	Reporte técnico con las mediciones obtenidas y los parámetros a considerar en el diseño.

## OTRAS INVESTIGACIONES

Otras investigaciones requeridas son: estudios sobre la dinámica sísmica en el sitio, estudios de investigación sobre la morfología de las embarcaciones,

## REFERENCIAS DEL CAPÍTULO

CARDOZO Sebastián y ARENAS Jennifer, (2016), Metodología para levantamientos topográficos planimétricos de predios rurales Proyecto Realizado Para Optar Al Título De Ingeniero Topográfico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Obtenido el 8 de mayo de 2020 de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3248/1/ArenasAcostaJenifferAlexandraCardozoRojasJuanSebastian2016.pdf>

INNOVA OCEANOGRAFÍA LITORAL, Corrientes, mareas y oleaje, Obtenido el 15 de junio de 2020 de <http://www.oceanografialitoral.com/productos/corrientes>

LÓPEZ Gutiérrez, Héctor, Apuntes de Sistemas Portuarios, Ciudad Universitaria, 1986, Facultad de Ingeniería, UNAM

MACDONEL, Guillermo, Ingeniería Marítima y Portuaria, México, Editorial Alfaomega

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, Manual de dimensionamiento portuario

SEMARNAT, Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, Guía y Apéndices de la guía para elaborar el informe preventivo y las manifestaciones de impacto ambiental modalidad particular y regional sector turismo,

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, Variable meteorológicas, Obtenido el 30 de junio de 2020 de <https://smn.conagua.gob.mx/es/variables-meteorologicas>

## 4. ESTRATEGIA DE MEJORA PARA LA ETAPA DE ESTUDIOS BÁSICOS ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE MUELLES

---

### 4.1 INTRODUCCIÓN A LA ESTRATEGIA

El producto que se diseña en este apartado, surge de la necesidad de mejorar la situación originada por las deficiencias en el proceso de realización de los estudios básicos requeridos para el proyecto de muelles, para contribuir con acciones técnicas y de gestión a reducir los incrementos en costo y tiempo provocados por desarrollar de forma insuficiente las investigaciones de ingeniería básica.

**La metodología** a seguir para la creación de las acciones estratégicas es la filosofía LEAN, la detección de los medios a alcanzar se basa en el método de resolución de problemas, mismo que se describió en el **Capítulo 2**, posteriormente se hizo una investigación sobre herramientas útiles en la mejora del proceso, a partir de esto se recopilaron los detalles sobre las metodologías útiles y se hizo una síntesis de esta información encontrada en el **Capítulo 3**.

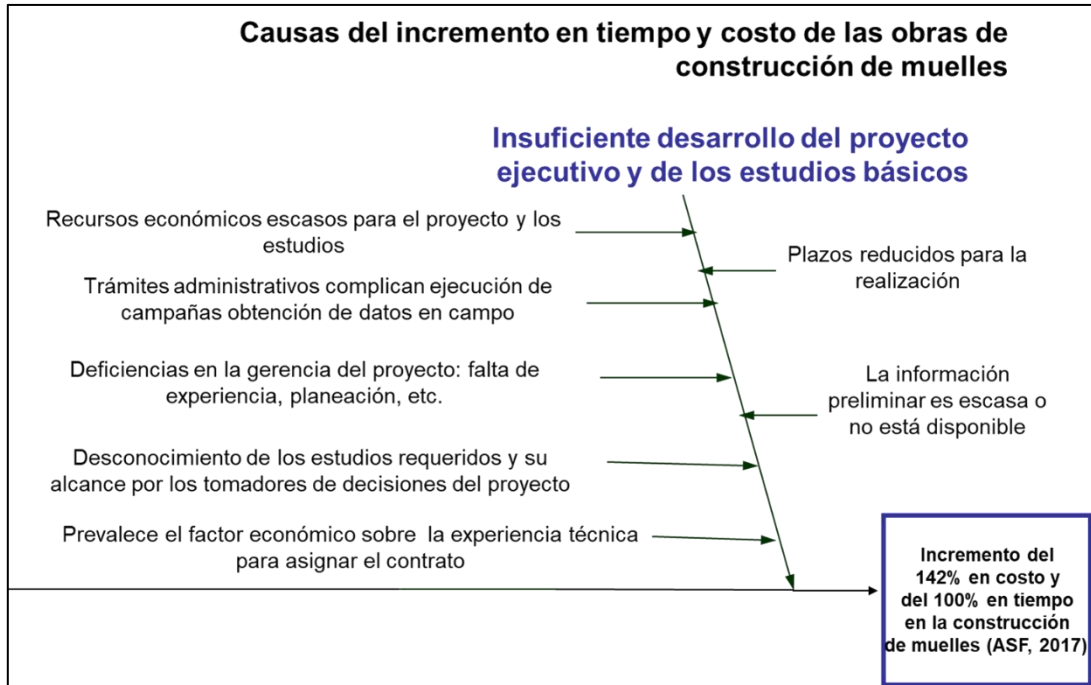
La estrategia presentada es híbrida e integral, puesto que fusiona distintas metodologías para solucionar las causas del problema. Cabe aclarar que cada metodología contemplada se aplica para atacar la causa en la que es útil, de manera que la fusión no es una alteración a los principios de cada método, más bien se trata de un complemento que resuelve la problemática particular planteada en este trabajo.

A continuación, se detalla el procedimiento de producción de la estrategia, desde las acciones preliminares hasta las finales, se definen los ejes y se especifica las recomendaciones para aplicar en cada uno de ellos.

### 4.2 DISEÑO DE LA ESTRATEGIA

#### DESARROLLO PRELIMINAR: DETECCIÓN DE MEDIOS A ALCANZAR

El desarrollo preliminar de la estrategia se detalla en el **Capítulo 1**, comenzó con el análisis a la situación problemática, a partir de este se detectaron las causas del incremento en tiempo y costo de las obras de construcción de muelles.



**Figura 29. Diagrama de causa-efecto de la problemática, correspondiente a la rama técnica (nivel micro)**

A partir del diagrama de causa-efecto se detectaron los medios alcanzables y las estrategias hipotéticas a aplicar:

**Tabla 13. Estrategias hipotéticas para alcanzar los medios**

Medio alcanzable	Estrategia hipotética
A. Realización de los trámites administrativos de manera oportuna	Desarrollar un programa de trámites o algún documento de seguimiento para que se realicen oportunamente
B. Gerencia de proyectos realizada con eficiencia	Definir acciones que contribuyan a plantear mejores prácticas de los procesos gerenciales para dirigir la elaboración de los estudios básicos, desde la planeación hasta la entrega.
C. Los tomadores de decisiones conocen los alcances de los estudios	Redactar una guía de alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica.
D. Contar con información técnica preliminar completa y disponible	Impulsar un cambio de paradigma, de manera que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible para el desarrollo de proyectos nuevos de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada

Como notas aclaratorias sobre las causas que no se atacarán directamente, se hacen las siguientes:

- No es posible lograr que los recursos económicos y el plazo del proyecto sea suficiente porque no se tiene acceso a esas decisiones, lo que sí es posible es que dentro de las acciones de gerencia que corresponden a alcanzar el medio B, se incluyan acciones para aprovechar adecuadamente el presupuesto asignado y el tiempo, para hacer un uso óptimo de los recursos.
- A pesar de que con el enfoque de la tesis no es posible resolver que el factor económico prevalece sobre la experiencia técnica, si es posible presentar argumentos que causen una reflexión en los tomadores de decisiones sobre la necesidad de ponderar con mayor valor la experiencia técnica a la hora de asignar un contrato para el desarrollo del proyecto o la realización de los estudios.

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

Usando como herramienta la matriz FODA, se hizo un análisis del estado actual en México del proceso de realización de los estudios básicos asociados a las técnicas de construcción de muelles. Para poder caracterizar el estado actual se hicieron preguntas a especialistas y se plasmó la experiencia del autor.

Para conocer las herramientas tecnológicas que se aplican en los trabajos de ingeniería básica y los procesos que pueden ser mejorados, en la encuesta aplicada se incluyeron las preguntas planteadas a continuación:

- ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? (Se incluyó una lista de herramientas para que el entrevistado seleccionara bajo su criterio)
- Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles. (Se incluyó una lista de los procesos)

De acuerdo a las conclusiones del Anexo 1, con respecto a estas dos preguntas: **la implementación de tecnología BIM y las metodologías de gestión de proyectos representan una gran área de oportunidad** en el desarrollo de estudios básicos para el proyecto de muelles puesto que los especialistas reportaron no haberlas usado en el proceso de realización. Con respecto a la segunda pregunta, los **procesos perfectibles o debilidades del proceso** dentro del desarrollo de los estudios básicos mencionados fueron: **la comunicación y el flujo de información, la coordinación de los trabajos, la definición de los alcances en los términos de referencia, la integración de los datos obtenidos y el reporte de avances.**

En el desarrollo de proyectos para obras marítimas se ha utilizado en su mayoría los métodos tradicionales para conseguir e integrar la información de ingeniería básica de sustento, generalmente el modelado de la información se ha hecho a través de procesos como el CAD y el uso de herramientas ofimáticas para el registro de información no



gráfica, en muchos de los casos existiendo incompatibilidades en los formatos digitales en que cada área de ingeniería especializada involucrada modela sus datos.

Como segunda parte se retoman las respuestas a las preguntas 3, 4 y 5 de la encuesta cuya función fue detectar las causas del insuficiente desarrollo del proyecto ejecutivo de muelles y los estudios relacionados. Se consideran **amenazas** al proceso los siguientes aspectos:

- Los recursos económicos que se asignan para el desarrollo del proyecto y de los estudios básicos es escaso.
- El plazo para el desarrollo del proyecto y los estudios es reducido.
- Prevalece el factor económico sobre la experiencia técnica en el proceso de asignación de contratos.
- La información preliminar para planear los estudios básicos es escasa o no está disponible.

Son consideradas **debilidades** del proceso los siguientes aspectos:

- Existen dificultades para la ejecución de las campañas de obtención de información en el sitio relacionadas con los trámites administrativos.
- La gerencia de proyectos se realiza de forma deficiente.

Como **amenaza** se tiene:

- Los tomadores de decisiones del proyecto desconocen el alcance de los estudios necesarios para el desarrollo del proyecto.

Por último, como tercera parte y para complementar, se expone la opinión del autor con respecto a dos aspectos que se tienen que agregar a la matriz FODA:

- La fortaleza más importante del proceso es la capacidad técnica de los especialistas y las empresas que desarrollan los estudios básicos, esa fortaleza se debe a su experiencia y a su preparación, sin embargo, entre los ingenieros civiles, existe una tendencia a abordar proyectos de forma individualista, cada especialista trabaja por su lado y posteriormente se reúne el trabajo como piezas de *collage* lo que entorpece la integración de la información.

Integrando las tres secciones anteriores se construye la matriz FODA de la situación actual del proceso:

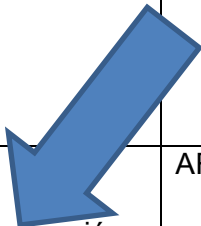
**Tabla 14. Matriz FODA**

<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento técnico profundo de los especialistas y despachos de ingeniería básica.</li> </ul>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología BIM útil para el modelado y gestión de la información de los estudios básicos, actualmente no implementadas</li> <li>• Metodologías de gestión de proyectos, aliadas en mejorar el proceso.</li> </ul>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencias en la comunicación y el flujo de la información.</li> <li>• Papel deficiente de los coordinadores.</li> <li>• La integración de los datos obtenidos y el reporte de avances.</li> <li>• Trabajo individual preponderante en los involucrados.</li> <li>• Gestión de trámites en tiempo y forma.</li> <li>• Gerencia de proyectos deficiente.</li> </ul>	<p><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos económicos escasos para el desarrollo de los estudios y el proyecto.</li> <li>• Plazos reducidos para la realización.</li> <li>• La información preliminar para planear los estudios básicos es escasa o no está disponible.</li> <li>• Los tomadores de decisiones del proyecto desconocen el alcance de los estudios.</li> <li>• El factor económico prevalece sobre la experiencia técnica al momento de asignar contratos.</li> </ul>

Continuando con el proceso, se construye la matriz CAME, en la que los encabezados de las cuatro celdas se modifican para auxiliar en la definición de la estrategia, por consiguiente, se mantienen las fortalezas, se explotan las oportunidades, las debilidades se corrigen y se afrontan las amenazas.

Tabla 15. Matriz CAME

<p><b>MANTENER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento técnico profundo de los especialistas y despachos de ingeniería básica.</li> </ul>	<p><b>EXPLOTAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología BIM útil para el modelado y gestión de la información de los estudios básicos, actualmente no implementadas</li> <li>• Metodologías de gestión de proyectos AGILE, LEAN, PMBOK aliadas en mejorar el proceso.</li> </ul>
<p><b>CORREGIR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencias en la comunicación y el flujo de la información.</li> <li>• Papel deficiente de los coordinadores.</li> <li>• La integración de los datos obtenidos y el reporte de avances.</li> <li>• Trabajo individual preponderante en los involucrados.</li> <li>• Gestión de trámites en tiempo y forma.</li> <li>• Gerencia de proyectos deficiente.</li> </ul>	<p><b>AFRONTAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos económicos escasos para el desarrollo de los estudios y el proyecto.</li> <li>• Plazos reducidos para la realización.</li> <li>• La información preliminar para planear los estudios básicos es escasa o no está disponible.</li> <li>• Los tomadores de decisiones del proyecto desconocen el alcance de los estudios</li> </ul>



De este análisis se concluye que la estrategia que se requiere poner en marcha es del tipo **reorientación**, esto implica corregir las debilidades del proceso explotando las oportunidades que existen:

- Implementar BIM en la integración de los datos obtenidos y agilizar el flujo de información.
- Aplicar las metodologías de gestión de proyectos AGILE, LEAN, PMBOK para mejorar las deficiencias de comunicación, el reporte de avances, el desempeño de los coordinadores, el trabajo en equipo, la gestión de trámites y las funciones de gerencia de proyectos.

Además, como se ha mencionado anteriormente, es importante afrontar las amenazas y la estrategia deberá incluir recomendaciones al respecto: desarrollar dentro de la gerencia de proyectos acciones para optimizar el uso de los recursos económicas y el tiempo de realización, puesto que estos suelen ser limitados, definir alcances mínimos de los estudios básicos como recomendación para conocer lo mínimo necesario para poder sustentar el proyecto, así mismo, sugerir a la implementación de tecnología para que la información técnica de la infraestructura marítima se integre en un solo repositorio actualizable y disponible para desarrollar proyectos.

## DEFINICIÓN DE LOS EJES DE LA ESTRATEGIA

Hasta este punto, hay tres bases para diseñar la estrategia:

- I. La Tabla 2, definida en capítulo 2, que describe la utilidad de las metodologías de gerencia de proyectos en la estrategia.
- II. La Tabla de medios alcanzables y estrategias hipotéticas.
- III. El análisis hecho a partir de la matriz CAME.

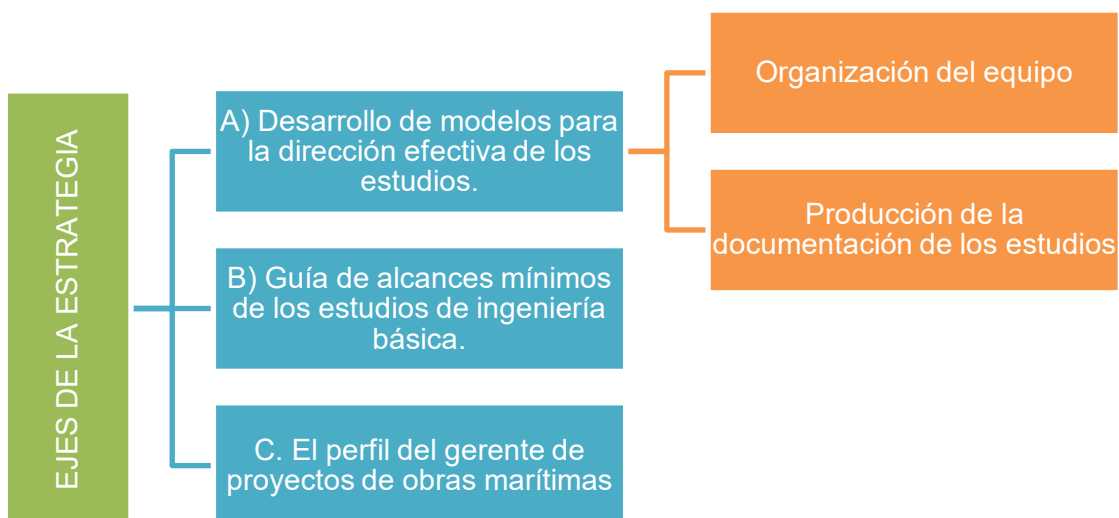
A partir de las bases es posible construir una tabla que permita definir los ejes de la estrategia y los objetivos de cada uno para así definir las acciones puntuales, considerando que en la estrategia a diseñar se explotan las oportunidades detectadas en los análisis realizados, las debilidades se corrigen y se afrontan las amenazas del entorno.

Tabla 16. Definición de los ejes de la estrategia.

<b>Oportunidad 1: Implementar BIM en la integración de los datos obtenidos y agilizar el flujo de información.</b>	
<b>OBJETIVO</b>	<b>MEDIDA ESTRATEGICA</b>
Integrar adecuadamente los datos obtenidos	Introducir el uso de modelos BIM para integrar la información en un solo repositorio.
Agilizar el flujo de información	Aprovechar características de BIM para compartir información referente al proyecto y poder trabajar con ella de manera colaborativa,
<b>Oportunidad 2: Aplicar las metodologías de gestión de proyectos AGILE, LEAN, PMBOK para mejorar las deficiencias de comunicación, el reporte de avances, el desempeño de los coordinadores, el trabajo en equipo, la gestión de trámites y las funciones de gerencia de proyectos</b>	
<b>OBJETIVO</b>	<b>MEDIDA ESTRATEGICA</b>
Mejorar las deficiencias de comunicación	Aplicación de SCRUM de AGILE. .
Mejorar el reporte de avances	Implementar el sistema KANBAN de LEAN para monitorear el avance del trabajo y el estado de desarrollo de cada una de las actividades.
Mejorar el desempeño de los coordinadores	Generar un perfil ideal del gerente o coordinador de estudios básicos para proyectos de obras marítimas.
Mejorar el trabajo en equipo	Aplicar aspectos de AGILE para mejorar la integración y colaboración entre las distintas áreas técnicas que participan en la realización de los estudios
Mejorar la gestión de trámites	Desarrollar un programa de trámites o algún documento de seguimiento para que se realicen oportunamente.

Mejorar las funciones de gerencia de proyectos	Definir acciones que contribuyan a plantear mejores prácticas de los procesos gerenciales para dirigir la elaboración de los estudios básicos, desde la planeación hasta la entrega.
<b>Afrontar las amenazas</b>	
<b>AMENAZA</b>	<b>OBJETIVO</b>
Recursos económicos escasos y plazos reducidos para el desarrollo de los estudios y el proyecto.	Trazar programa para hacer más ágil y eficiente el proceso.
La información preliminar para planear los estudios básicos es escasa o no está disponible.	Impulsar un cambio de paradigma, de manera que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible para el desarrollo de proyectos nuevos de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada
Los tomadores de decisiones del proyecto desconocen el alcance de los estudios	Recomendar alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica.
El factor económico prevalece sobre la experiencia técnica al momento de asignar contratos.	Reflexión en los tomadores de decisiones sobre la necesidad de ponderar con mayor valor la experiencia técnica a la hora de asignar un contrato para el desarrollo del proyecto o la realización de los estudios.

A partir de ello es posible definir los ejes de la estrategia:



### 4.3 LA ESTRATEGIA

**Objetivo de la estrategia:** Se requiere que los datos obtenidos en las investigaciones de ingeniería básica estén completos, se realicen correctamente, sean adecuados a lo requerido para evaluar y proyectar, y que sean suficientes, además, es vital que toda la información obtenida de las distintas áreas de la ingeniería se integre de manera correcta.

Esta estrategia es aplicable en el desarrollo de los estudios básicos que se requieren para desarrollar el proyecto de construcción de muelles, se recomienda que las organizaciones que estén a cargo la apliquen para para lograr el objetivo planteado.

#### Principios de la estrategia

- Es una estrategia integral porque el propósito es solucionar diferentes aspectos desde el enfoque técnico y de gestión.
- Esta es una estrategia híbrida porque recopila aspectos útiles de varias metodologías para lograr el objetivo, no se destruye ni interviene la estructura de las metodologías, más bien se extraen aspectos que se adaptan al caso particular que se aborda en este trabajo.
- Es una estrategia con fines específicos, pero no por eso se pierde la visión general, se aislará la etapa de estudios básicos asociados a las técnicas de construcción de muelles y se considerará como objeto de gerencia sin perder la visión sistémica en la que las entradas dependen de fases previas y que el producto de la investigación es útil para dar continuidad al proyecto.
- Para fines prácticos, el inicio de la etapa de estudios básicos lo marca la requisición, orden, solicitud o emisión de términos de referencia, mientras que el final se alcanza cuando se entregan los resultados de los estudios de investigaciones.

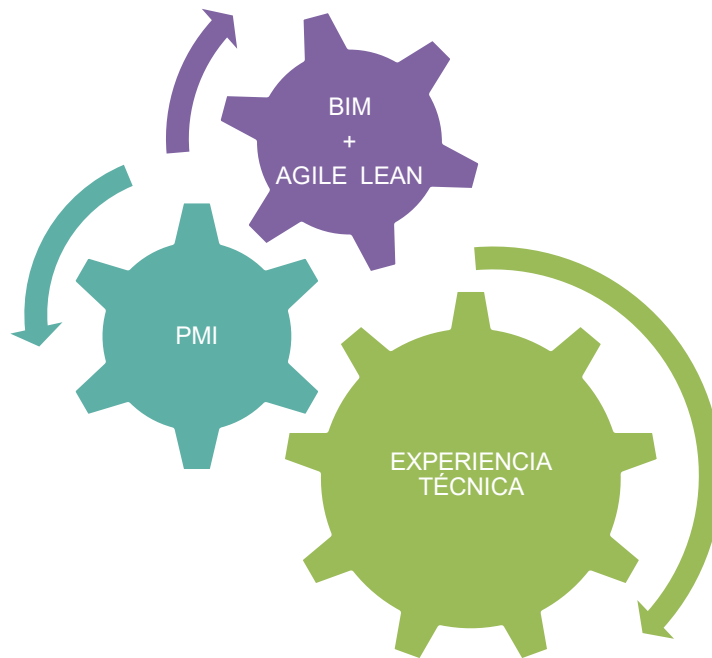
#### Objetivos particulares de cada eje

<b>A. Desarrollo de modelos para la dirección efectiva de los estudios. BIM+AGILE+LEAN</b>	
Organización del equipo	Producción de la documentación de los estudios
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejorar las funciones de gerencia de proyectos.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejorar las deficiencias de comunicación entre los participantes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejorar la gestión de trámites</li><li>• Mejorar el reporte de avances.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el trabajo en equipo.</li> <li>• Integrar adecuadamente los datos obtenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazar programa para hacer más ágil y eficiente el proceso.</li> <li>• Impulsar un cambio de paradigma, en el que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada.</li> </ul>
--	---

<b>B. Guía de alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica EXPERIENCIA TÉCNICA</b>	<b>C. El perfil del gerente de proyectos de obras marítimas PMI</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendar alcances mínimos de los estudios de ingeniería básica requeridos como fuente de consulta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el desempeño de los coordinadores o encargados de la gerencia.</li> </ul>

En la Figura 30 se muestra la representación gráfica de la estrategia, la cual consiste en tres engranes que corresponden a cada eje, los cuales trabajan eficientemente de manera simultánea.



**Figura 30. Representación gráfica de los ejes de la estrategia**

El eje motor corresponde a la experiencia técnica de los especialistas, debido a que la esencia de los estudios básicos es precisamente la información técnica obtenida con certeza. En esta estrategia se plasma parte de esta experiencia en el eje **B. GUÍA DE ALCANCES MÍNIMOS DE LAS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA**, que tiene como

propósito orientar sobre los datos y entregables esperados en cada una de las investigaciones.

Los dos ejes restantes corresponden a sugerencias de acciones estratégicas basadas en las metodologías de gestión de proyectos más adecuadas a este caso de estudio, el eje **A. DESARROLLO DE MODELOS PARA LA DIRECCIÓN EFECTIVA DE LOS ESTUDIOS** en el primer apartado propone un modelo de organización del equipo y en el segundo el desarrollo de modelos para la producción de documentación de los estudios, implementando aspectos de las metodologías BIM, AGILE y LEAN. Finalmente el eje **C. EL PERFIL DEL GERENTE DE PROYECTOS DE OBRAS MARÍTIMAS** retoma recomendaciones del PMI para definir un perfil idóneo para los encargados de gestionar el desarrollo de los estudios básicos en todas sus etapas.

### **4.3.1 DESARROLLO DE MODELOS PARA LA DIRECCIÓN EFECTIVA DE LOS ESTUDIOS: BIM+AGILE+LEAN**

#### **4.3.1.1 ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO**

A través de este eje se busca mejorar aspectos de organización del equipo que realiza los estudios básicos: la comunicación entre los participantes, el trabajo en equipo, las funciones de organización de la gerencia de proyectos e integrar adecuadamente los datos obtenidos por los especialistas; para alcanzar dichos objetivos se propone implementar el esquema de trabajo SCRUM, que funciona bajo los principios de ÁGILE..

#### **PRIMERA ACCIÓN: IMPLEMENTAR EL ESQUEMA DE TRABAJO DE SCRUM (ÁGILE) A LA ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS**

El equipo de trabajo que desarrolla estudios básicos se compone por especialistas expertos en distintas áreas técnicas que no siempre trabajan juntos, se requiere que este equipo pueda entregar un “producto”: un trabajo recopilatorio de los datos revisado y bien hecho, que los elementos puedan integrarse, comunicarse adecuadamente, gestionar las actividades y recursos, responder a los imprevistos, trabajar con flexibilidad y enfrentar los riesgos que puedan presentarse en el proceso de desarrollo de las investigaciones. SCRUM, una de las metodologías ágiles responde a estos requerimientos: mejora la comunicación, el trabajo en equipo, incluso la velocidad del desarrollo del proyecto.

SCRUM es compatible a las características de los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos: equipos expertos, reducidos, autogestionados y multidisciplinarios.

El objetivo de que el equipo esté bien organizado y la dinámica de trabajo sea ágil es cumplir con los requerimientos establecidos en los términos de referencia en cuanto a la información requerida (que esté completa y sea adecuada) y realizarlo en periodos de tiempo que normalmente suelen ser cortos y limitados a un presupuesto.



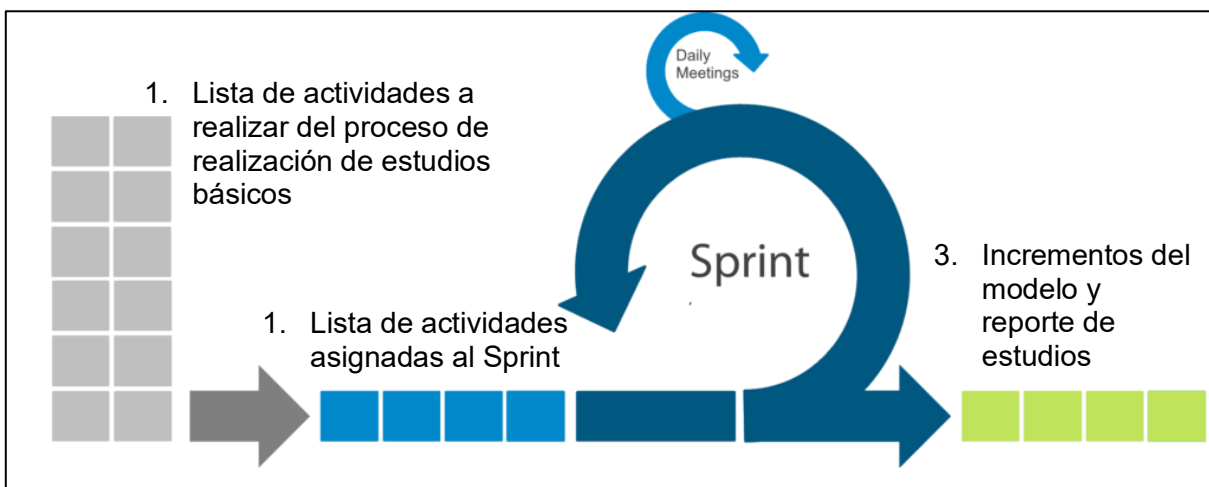
Se propone gestionar al equipo de trabajo a través del esquema de trabajo de SCRUM, auxiliándose de KANBAN (esquema LEAN) y BIM para lograr los propósitos buscados.

**Tabla 17. Descripción de la implementación de SCRUM.**

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lo principal es la idealización del producto y sus alcances: definir lo que contendrá el reporte de estudios básicos y el modelo asociado.</li> <li>• Es necesario definir el plazo del proceso y seccionarlo en Sprints (bloques de tiempo que pueden ser semanas).</li> <li>• Crear una lista de actividades por realizar (Product Backlog), dinámico y públicamente visible para todos.</li> <li>• Definir los entregables y avances que se requieren cumplir en cada sprint como medida de supervisión.</li> <li>• Definir los roles funcionales: gerente o coordinador de proyectos (funciona como el Product Owner SCRUM), Development Team (los equipos de las especialidades técnicas) y el Scrum Master (mentor del Development Team).</li> <li>• Establecer reuniones o (virtuales o presenciales) semanales y diarias cuando así se requiera para resolver asuntos del desarrollo del proceso.</li> <li>• Implementar un tablero KANBAN para visualizar el avance del desarrollo de las actividades.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinador o gerente de proyecto (Product Owner).</li> <li>• Equipos de ingeniería participantes (Development team).</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor calidad: permite tener la información de los estudios básicos completa y adecuada al pasar por el filtro de los Sprints, tener lo que realmente se necesita y compatible con los demás datos sobre el proyecto, se evitan los retrabajos o el retraso por realizar faltantes.</li> <li>• Después de cada sprint habrá un resultado tangible, el modelo de estudios crece incrementalmente y se pueden tomar resultados anticipados de él.</li> <li>• Mayor productividad.</li> <li>• Se reduce la producción de documentación de soporte y el esfuerzo se dirige a generar información de calidad.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es posible gestionar los problemas que pueden afectar el desarrollo en el mismo momento que aparecen al ser los Sprints breves y al haber revisiones periódicas.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es posible que implementar esta metodología resulte complicado al existir contratos que regulan el desarrollo del trabajo, en algunas situaciones incluso imposible al tener que seguir un programa tradicional.</li> <li>• Es un sistema de trabajo que requiere ser aprendido para poder ser implementado, puesto que no se ha implementado en el sector anteriormente.</li> <li>• Requiere invertir tiempo para la definición de tareas y sus plazos.</li> </ul>

## Procedimiento



**Figura 31. Procedimiento de implementación de SCRUM en el proceso de realización de estudios básicos.**

1. Se parte del Product Backlog o la lista de todas las actividades que implica el proceso, deben incluirse las actividades de los estudios básicos a realizar, se especifican los responsables y los plazos. Se define la cantidad de Sprints a realizar y preliminarmente se hace una lista de las actividades asignadas a cada bloque.
2. Se desarrolla cada Sprint, uno a uno, partiendo de la lista de actividades asignadas preliminarmente, sin embargo, esta lista se actualiza cada vez que inicia el próximo sprint añadiendo aspectos extraordinarios que surjan en las reuniones diarias, correcciones o sugerencias de la retroalimentación efectuada al culminar el anterior bloque. Son tareas fundamentales del Sprint: efectuar el sprint backlog, las juntas diarias de revisión y retroalimentación.

Simultáneamente es posible monitorear el avance general del proceso a través del tablero KANBAN.

Las juntas periódicas no necesariamente deben realizarse de manera presencial, estas pueden ser llamadas virtuales o notas en “chats” colaborativos, lo esencial es comunicar las dificultades o pedir a otros colaboradores aquello que se requiera para poder avanzar con el proceso.

- Al finalizar cada sprint se tiene un incremento que se agrega al producto terminado final, para este caso particular **EL PRODUCTO es la información completa obtenida en los estudios básicos soportada por un modelo BIM y los reportes técnicos de respaldo correspondientes**. Por la naturaleza de la metodología, siempre será posible tener un preliminar del producto terminado con la versión correspondiente a la información agregada después del último Sprint.

### Resultado esperado

Al final del ciclo SCRUM cumpliremos con el objetivo de tener la información completa y gracias a todo el proceso de revisiones y retroalimentación, no se trabajará una segunda vez en corregir o agregar porque se hará cumplido con los requerimientos de calidad dentro del tiempo establecido.

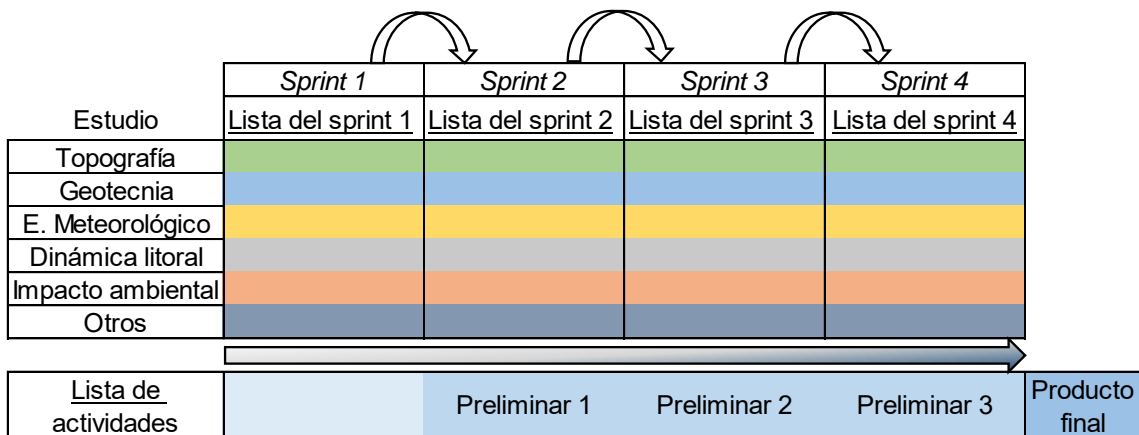


Figura 32. SCRUM en el proceso de elaboración de estudios básicos

#### 4.3.1.2 PRODUCCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS

Los objetivos particulares de este eje son: mejorar la gestión de trámites, mejorar el reporte de avances, elaborar presupuesto optimizando recursos económicos y crear medidas para su cumplimiento en la práctica, trazar programa para hacer más ágil el trabajo e impulsar un cambio de paradigma, en el que la información técnica relativa a

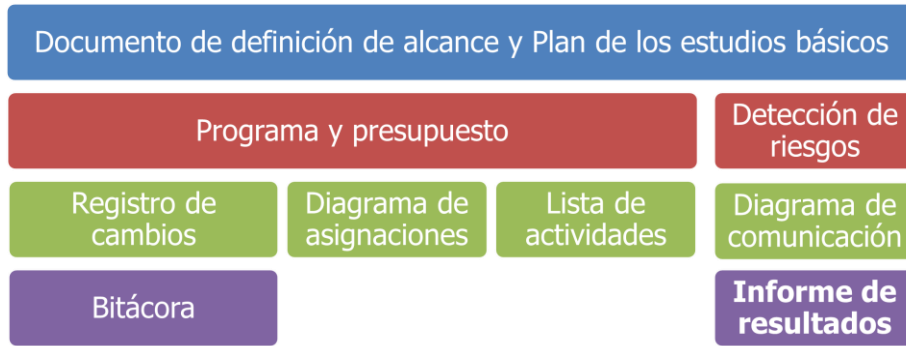
la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada.

Las medidas a tomar para lograr los propósitos serán las que se registran en la tabla siguiente:

**Tabla 18. Objetivos del desarrollo de modelos para la dirección efectiva de los estudios.**

<b>Objetivo</b>	<b>Metodología a implementar</b>	<b>Medidas a implementar</b>
<b>Mejorar las funciones de gerencia de proyectos</b>	<b>BIM + LEAN + AGILE</b>	Enfoque en la elaboración del producto (la generación de la información) por encima de la elaboración de documentación, a través de la implementación de modelos basados en BIM, KANBAN de LEAN y la gestión de los mismos a través del esquema SCRUM de AGILE.
Mejorar la gestión de trámites	<b>LEAN (KANBAN)</b>	Nombrar a un gestor experto en trámites y gestionar las actividades relacionadas con ayuda del tablero KANBAN.
Mejorar el reporte de avances,		Explotar las posibilidades del tablero KANBAN como medio de monitoreo y registro en tiempo real del avance del proceso.
Trazar programa para hacer más ágil y eficiente el proceso.	<b>AGILE (SCRUM)</b>	Elaborar el programa de trabajo para gestionarlo bajo el esquema de trabajo SCRUM.
Impulsar un cambio de paradigma, en el que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible de forma integrada y sea posible mantenerla actualizada	<b>BIM</b>	Desarrollar un modelo BIM donde se pueda integrar toda la información obtenida en los estudios básicos para crear una base del proyecto de muelles, modelo que puede ser usado durante todo el ciclo de vida del proyecto e incorporar actualizaciones cuando se considere necesario.

Bajo el enfoque de la gerencia de proyectos tradicional, se recomienda desarrollar una serie de documentos de dirección como herramientas para poder identificar, gestionar, integrar y equilibrar todos los aspectos, entes, recursos y procesos involucrados



**Figura 33. Documentos de gerencia desarrollados bajo el enfoque de la gerencia de proyectos tradicional.**

Para efectos de esta estrategia, se propone desarrollar modelos que permitan gestionar adecuadamente los trabajos y generar los documentos necesarios durante el proceso sin poner especial énfasis en la documentación en sí, sino en el desarrollo del proceso con herramientas de planeación, desarrollo, control y reporte elaboradas a partir del modelado.

**Tabla 19. Descripción de la implementación de modelos de para la dirección basados en las metodologías propuestas.**

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación entre todos los involucrados.</li> <li>• Apertura de los equipos para el cambio de forma de trabajo.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinador o gerente de proyecto.</li> <li>• Equipos de ingeniería.</li> <li>• Gestor de trámites.</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar con modelos colaborativos permite que las actividades y los resultados se revisen adecuadamente, que la comunicación y la gestión de la información sea más ágil y se reducen las interferencias.</li> <li>• Los modelos se pueden actualizar y es posible extraer estados de ellos en el momento que se requieran para la documentación.</li> <li>• Se reduce el desperdicio de tiempo que podría tomar el elaborar un documento en sí cada vez que se requiere (plano, detalle, documento de bitácora) y en caso de que se necesite, hay un encargado (gestor) de realizarlo o las herramientas automatizadas que existen pueden generarlo (software BIM, tableros KANBAN digitales).</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implica capacitación en las metodologías involucradas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es posible que en un inicio la estructura del contrato y de alcance, tiempo y costo fijos que se usa en los contratos de construcción y servicios relacionados en México dificulte la implementación, sobre todo cuando no se conoce cómo poder implementar las metodologías sugeridas a pesar de esa rigidez.</li> </ul>
--	--

## PRIMERA ACCIÓN: DESARROLLO DE MODELOS Y DOCUMENTOS PARA LA GESTIÓN

Se recomienda desarrollar un esquema de modelos que permitan tener documentos actualizados y disponibles para ser utilizados en la gestión de las actividades, en la tabla que se presenta a continuación se mencionan cada uno de ellos.

Los modelos a generar para alcanzar los objetivos particulares de este eje son:

**Tabla 20. Modelos para la gestión**

Modelo o documento	Descripción
a) Plan de gerencia de la etapa de estudios básicos	<p>Se genera al llevar a cabo la planeación de los trabajos, incluye lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La lista de involucrados menciona a todos los entes participantes en el proyecto y las funciones que desempeñan (diagrama de asignaciones), la cual consiste en una matriz en la que se asocia cada una de las actividades a un responsable de ejecución.</li> <li>• Lista de actividades, duración y recursos requeridos por cada una de ellas.</li> <li>• Es necesario diseñar un diagrama de comunicaciones, se debe vincular a cada uno de los emisores de información con sus receptores, hacerla de conocimiento de todos los involucrados con el fin de que el ciclo comunicativo sea efectivo.</li> <li>• Se requiere hacer la detección de riesgos y es recomendable que se diseñen estrategias previsoras y contingentes.</li> <li>• Lista de trámites a realizar: es necesario detectar todas las actividades relacionadas a los trámites requeridos para efectuar los trabajos, se requiere que estas se programen y se añadan al listado junto con los encargados de realizarlas, con el objetivo de llevarlas a cabo en tiempo y forma.</li> </ul>

<p>b) Tablero KANBAN y Bitácora</p>	<p>La función del tablero es gestionar el avance de las actividades del proceso, como se explicó anteriormente.</p> <p>El tablero es una excelente herramienta para mejorar la gerencia de proyectos porque permite visualizar en tiempo real el estado de las actividades y es posible tomar decisiones para agilizar el trabajo.</p> <p>El tablero KANBAN comienza con la redacción de la lista de actividades definida en el plan y es útil a lo largo del desarrollo del proyecto, evita el tener que redactar un informe de avances sobre la marcha porque los encargados de la supervisión pueden monitorear el curso de las tareas.</p> <p>Es fundamental que todos los frentes de trabajo de los estudios básicos reporten las actividades que se realizan para tener perfectamente controlado el avance.</p> <p>Si bien, el tablero KANBAN puede sustituir a la bitácora en su función de reporte y control de avances de forma interna en el equipo, es probable que por fines de contrato se requiera elaborar una bitácora periódica para el ente contratista o se use la oficial BESOP, en este caso se recomienda que sea el Gestor de Trámites el encargado de elaborar este documento tomando lo que los especialistas van reportando en el tablero. Se recomienda que en caso de ser un requisito de contrato, la bitácora se redacte de manera diaria y que incluya un anexo fotográfico de los aspectos más relevantes.</p>
<p>c) Programa de actividades y recursos</p>	<p>Ubica a todas las actividades con sus respectivas duraciones y recursos asociados en un calendario para establecer un programa fácil de controlar.</p> <p>Para elaborar este diagrama es fundamental que todas las actividades hayan sido detectadas y enlazadas en una red de predecesoras y sucesoras.</p> <p>En el contexto de la metodología SCRUM, el programa consiste en el esquema de <i>Sprints</i> que tiene asociada a cada bloque una lista de actividades; este programa no es rígido, puesto que se actualiza cada vez que inicia el próximo <i>Sprint</i>, añadiendo los aspectos extraordinarios que surjan de las reuniones y de la retrolimentación al final del bloque inmediato anterior.</p>

d) Informe de los estudios básicos y modelo BIM	<p>Son los productos principales de los estudios básicos, recoge toda la información y los análisis con respecto a las investigaciones.</p> <p>Desarrollar un modelo BIM permite que los datos estén integrados y que se incluya toda la información para el diseño. Los reportes técnicos del informe contienen toda la base que soporta las decisiones del proyecto.</p>
---	--

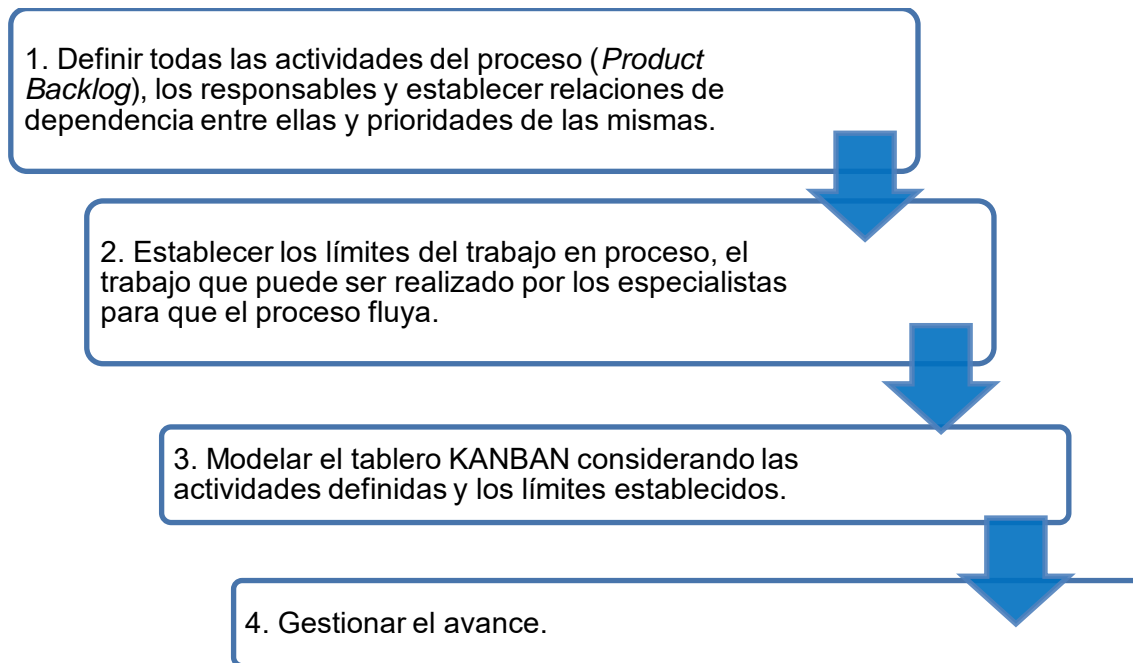
## SEGUNDA ACCIÓN: APLICAR EL TABLERO KANBAN EN LA GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El sistema KANBAN es útil en el monitoreo de los avances, a partir de un tablero diseñado bajo esta metodología es posible visualizar el trabajo ya realizado, el que está en proceso y lo que aún está por iniciar.

Implementar un tablero KANBAN permite visualizar el estado del proceso en el momento que se requiera, además, se puede generar un reporte de avances automático sin desperdiciar tiempo en la elaboración de documentación de reporte de avances.

### Procedimiento

Los pasos para aplicar KANBAN en la etapa de estudios básicos para el proyecto de muelles son:





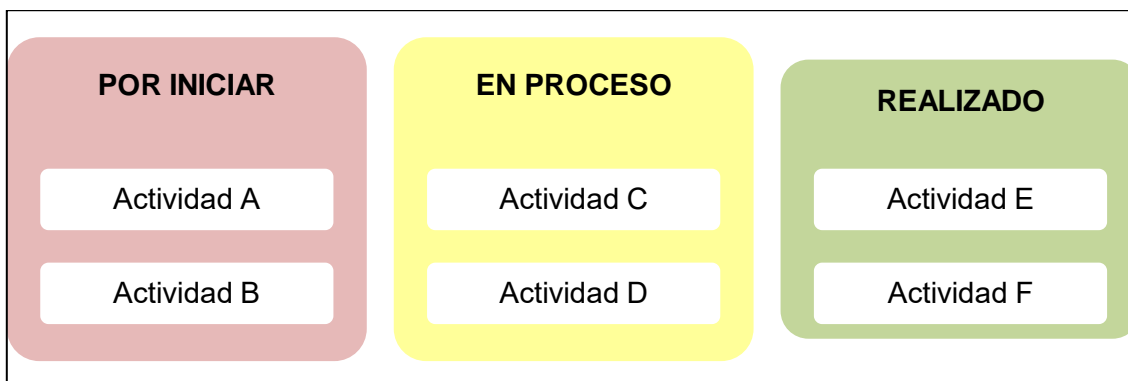
Se recomienda usar un tablero digital con tarjetas y tres columnas. Cada columna del tablero representa un estado de avance y cada tarjeta representa una actividad o parte del proceso. Los paquetes de software que implementan KANBAN presentan interfaces en las que es muy fácil y visual poder trabajar con un tablero de este tipo.

**Tabla 21. Descripción de la aplicación de KANBAN**

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de actividades, responsables y límite del trabajo en proceso.</li> <li>Acuerdo de funcionamiento de todos los participantes.</li> <li>Apertura de los equipos de ingeniería involucrados para el cambio de forma de trabajo.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordinador o gerente de proyecto.</li> <li>Equipos de ingeniería involucrados.</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es posible visualizar en tiempo real el flujo del trabajo para comprender como avanza el trabajo.</li> <li>Se reduce el desperdicio de tiempo que podría tomar el elaborar un documento de reporte de avances, aplicando la esencia LEAN del sistema KANBAN.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere de atención especial al inicio en la definición de las actividades y establecimiento</li> </ul>

### Resultado esperado

Se espera tener un reporte de avances gráfico en tiempo real que sustituya a la documentación que tradicionalmente se desarrolla, es posible que se requiera información adicional para ser más específicos en el avance de cada período, en este caso se recomienda hacer notas adjuntas para las aclaraciones que se necesiten.



**Figura 34. Tablero KANBAN**

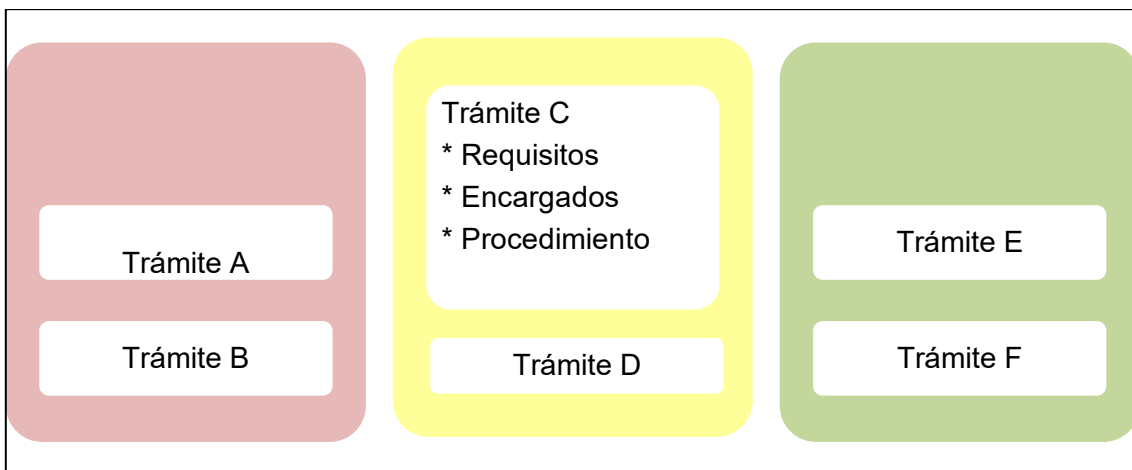
El tablero KANBAN también puede ser usado para la **GESTIÓN DE TRÁMITES**, aspecto que es importante mejorar como parte de esta estrategia.

Como recomendación, debe procurarse que los trámites administrativos se realicen paralelamente a la ejecución del trabajo técnico para que este se desarrolle con fluidez a través del nombramiento de un encargado que los gestione y se encargue de notificar al equipo de las actividades de tramitología y los documentos que se tienen que presentar a lo largo del desarrollo del estudio, esta gestoría también se encargaría de recopilar y entregar la documentación en tiempo ante el órgano solicitante.

Como se ya se mencionó, es fundamental elaborar la lista de trámites a realizar: y que estas actividades se programen en un calendario y se añadan al tablero KANBAN. La identificación de los trámites es posiblemente una de las primeras actividades a realizar.

En la medida de lo posible debe buscarse tener notificaciones automatizadas que recuerden con anticipación la realización del trámite a realizar, así como los documentos que se requieren.

Es recomendable que, en la tarjeta correspondiente a cada uno de los trámites, se especifiquen los requisitos para realizarlo, el procedimiento resumido en sencillos pasos, así como especificar quien es el encargado de llevarlo a cabo. Inmediatamente después de la detección de los documentos requeridos es importante que se notifique a cada equipo especialista los que debe presentar.



**Figura 35. Realización de trámites en KANBAN**

Para implementar esta medida se requiere que una persona con experiencia en la realización de trámites participe como gestor. El gerente de proyecto puede adoptar este rol toda vez que tenga muy clara la tramitología requerida.

A grandes rasgos, los trámites que se requieren realizar a lo largo de la realización de los estudios básicos son los siguientes:

- Trámites de acceso al sitio de la realización de los trabajos: registro de maquinaria, personal y procedimientos a realizar.

- Trámites de salida del lugar de exploración.
- Trámites relacionados con la BESOP.
- Trámite de cobros por concepto de desarrollo de los trabajos.

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar todos los trámites a realizar., los requisitos, el procedimiento y definir los encargados de la realización,</li> <li>• Herramienta para calendarización de los trámites y recordatorios automatizados.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinador o gerente de proyecto.</li> <li>• Gestor de trámites administrativos.</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor planeación.</li> <li>• Agilidad en la gestión de trámites.</li> <li>• El aporte del experto en gestión de trámites al proceso.</li> <li>• Trámites realizados en forma y de manera oportuna.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo por concepto de trabajo de los encargados de la gestoría de trámites,</li> </ul>

### **TERCERA ACCIÓN: TRAZO DEL PROGRAMA PARA HACER MÁS ÁGIL Y EFICIENTE EL PROCESO**

Esta es una acción híbrida puesto que utiliza la estructura de la programación de la gestión tradicional de un proyecto e internamente hace uso de la gestión ágil (SCRUM) para conseguir tener los resultados en el tiempo establecido, dado que el esquema de la contratación en México de actividades y servicios relacionados con la construcción es rígido con respecto a las fechas, programa, presupuesto y alcance de los trabajos, debido a que estos son considerados fijos.

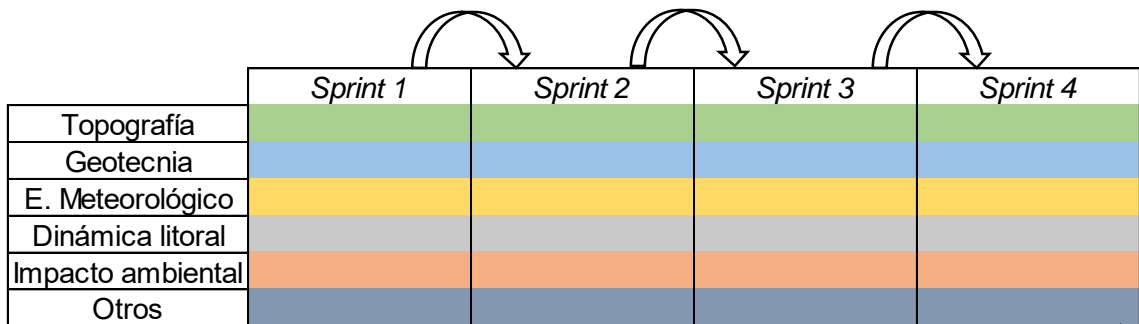
En la elaboración del programa de las actividades se busca que al final del proceso SCRUM se tenga un producto terminado definitivo, sin necesidad de tener un periodo de aclaraciones. posterior a la entrega o cierre del proceso, como beneficio indirecto se tiene que el proceso es más eficiente y los recursos económicos asignados se aprovechan adecuadamente.

El programa tiene dos condicionantes que son fijas: la fecha de inicio y la fecha de entrega, La definición del programa, al igual que el alcance y el presupuesto debe definirse antes de iniciar el primer Sprint, podría ser llamado un Sprint 0 o fase de planeación: este periodo de tiempo se debe usar para desarrollar la lista de producto (Product backlog), las historias de usuario (actividades con especificaciones), definir el número de sprints y la lista tentativa de actividades a realizar en cada uno de los bloques.

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere definir actividades, plazos y responsables desde el inicio.</li> <li>• Coordinación y participación de todos los involucrados.</li> <li>• Conocimiento de SCRUM.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinador o gerente de proyecto.</li> <li>• Equipos de ingeniería involucrados.</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La gestión es más ligera y ágil, menos robusta y rígida.</li> <li>• Mayor flexibilidad y productividad.</li> <li>• El objetivo es la entrega del producto final el día previsto.</li> <li>• De manera indirecta, el monto de los trabajos se mantiene dentro de los límites presupuestales.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento de la forma de implementar SCRUM, requiere capacitación para la implementación.</li> </ul>

### Resultado esperado

Se espera que el programa de ejecución SCRUM generado sea dinámico, con actividades tentativas de cada estudio básico asignadas a cada bloque pero con la flexibilidad de añadir actividades que se considere necesario incluir después de la retroalimentación al final de cada sprint.



### CUARTA ACCIÓN: GENERAR EL MODELO BIM DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LOS ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO DE MUELLES

Los datos de ingeniería básica constituyen los cimientos de todo el proyecto, son la base para definir la configuración de la obra que se va a construir, por esta razón, a nivel de estudios para la construcción de muelles, es posible modelar los resultados de la exploración geotécnica y la respectiva configuración superficial del suelo (topografía-batimetría).

El modelo BIM a generar no es solo un desarrollo 3D del terreno realizado en un software novedoso, además de aportar una presentación y forma de visualizar la información de manera atractiva, permite agilizar el flujo de la información y la creación del conocimiento sobre la obra en un entorno compartido. Además, el modelo es útil a lo largo del ciclo

de vida del proyecto, incluso para llevar a cabo remodelaciones, ampliaciones o mantenimiento durante la operación.

**Tabla 22. Descripción de aspectos asociados a la implementación del modelado BIM en la etapa de estudios básicos para el proyecto de muelles**

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento de desarrollo de modelos BIM, modelado de la topografía por superficies y de las capas de los estratos del subsuelo.</li> <li>• Equipo de cómputo con requerimientos mínimos para trabajar eficientemente con software de modelado BIM.</li> <li>• Resultados del levantamiento topográfico y batimétrico para agregarlos al modelo.</li> <li>• Datos geotécnicos obtenidos a partir de la exploración directa e indirecta en el sitio, sobre propiedades índice y mecánicas de cada uno de los estratos.</li> <li>• Llevar a cabo junta de definición de roles para administrar y alimentar el modelo de manera eficiente.</li> <li>• Apertura de los equipos de ingeniería involucrados para el cambio de forma de trabajo.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinador o gerente de proyecto.</li> <li>• Equipo de geotecnia (modelador).</li> <li>• Equipo de topografía (modelador).</li> <li>• Implementador o consultoría BIM como capacitador o de soporte al equipo durante el desarrollo del trabajo.</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información de las condiciones físicas del sitio es contenida en un solo repositorio perfectamente integrada y no en papeles o archivos independientes e incompatibles, sin interferencias y disponible para acceder a ella en las distintas etapas del proyecto y como consulta posterior.</li> <li>• Se rompen las barreras de compatibilidad entre el formato de los archivos en los que cada especialista presenta los resultados de su trabajo, al trabajar en el entorno BIM los formatos son compatibles, interoperables y es posible trabajar colaborativamente en un mismo modelo.</li> <li>• Permite tomar mejores decisiones a lo largo del proyecto al tener la base de datos bien generada, y fiel a las condiciones, lo que se traduce en reducción de costos y tiempo.</li> <li>• Se reduce el tiempo dedicado al dibujo de los detalles para los documentos entregables o el reporte técnico de cada especialista, en este caso de los perfiles geotécnicos o de las secciones</li> </ul>

DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere capacitación para los involucrados-</li> <li>• Requiere una transformación en la forma de trabajo y eso puede ser una limitante para las especialistas técnicas involucrados que en algunos casos tienen muy arraigada la forma de trabajo tradicional que suele ser individualista.</li> </ul>
-------------	--

### Resultado esperado

Un modelo digital de las condiciones físicas del sitio sobre el cual es posible modelar la estructura del muelle junto con los aditamentos para su funcionamiento (considerando la configuración y los datos técnicos asociados).

A partir del modelo es posible obtener los detalles y secciones necesarios para el análisis a detalle y para soportar los reportes técnicos solicitados.

Modelar la información en BIM permite que la información técnica de la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible e integrada durante el desarrollo del proyecto y el ciclo de vida de la obra, también es posible mantener la base de datos actualizada ante ampliaciones o reparaciones, lo que representa un cambio de paradigma, originando que la información técnica relativa a la infraestructura portuaria se encuentre siempre disponible para consulta y actualización.

#### 4.3.2 GUÍA DE ALCANCES MÍNIMOS DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

Mediante la guía propuesta en este eje se busca proporcionar elementos base de la experiencia técnica como fuente de consulta para quienes se acercan al desarrollo de estudios básicos para el proyecto de muelles, como tomadores de decisiones o los encargados de la gerencia de proyectos.

#### **QUINTA ACCIÓN: CONSIDERAR LA GUÍA DE ALCANCES MÍNIMOS PARA REDACTAR LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA Y REVISAR LOS ENTREGABLES DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA PARA EL PROYECTO DE MUELLES**

Esta acción debe ser implementada por los tomadores de decisiones del proyecto:

- Los encargados de elaborar los términos de referencia para el proyecto de muelles para conocer la información que se debe solicitar como mínimo para poder desarrollar el proyecto.
- El gerente de proyectos debe tener presente los alcances de cada uno de los estudios de ingeniería, así como los detalles del procedimiento, equipo utilizado, logística y entregables, con el fin de llevar a cabo una correcta gestión del trabajo.
- Los encargados de revisar la entrega de los informes, reportes y modelos generados por los equipos, con la finalidad de actuar ante faltantes y que los estudios estén completos al momento de la recepción por el organismo convocante.

**Tabla 23. Descripción de la puesta en práctica de la guía de alcances mínimos propuesta.**

REQUERIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe estar definida la idea a nivel de anteproyecto del muelle, con el fin de poder definir los alcances de los estudios con base en esta guía.</li> </ul>
INVOLUCRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encargados de elaborar los términos de referencia.</li> <li>• Gerente de proyecto.</li> <li>• Encargados de la recepción y revisión de los entregables.</li> </ul>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona una base técnica sintetizada para los encargados de definir alcances, dirigir las actividades o evaluar la entrega.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada caso tiene particularidades y a pesar de que definir alcances mínimos es útil, es posible que haya proyectos donde se requiera mayor información, más especializada.</li> </ul>

A continuación, se describen estos alcances mínimos para cada uno de los estudios:

### **TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA**

En todos los casos se requiere conocer a detalle las condiciones de altimetría y planimetría de la zona de proyecto:

- Altimetría:

En tierra es necesario que se determinen las curvas de nivel para establecer los niveles del muelle. La precisión con la que se requieren las curvas es de al menos 0.5 m.

En mar se requiere conocer la batimetría a detalle para dimensionar la cimentación del muelle: pilotes, pilas, longitud de muro o de la tablaestaca, etc. Al igual que en la altimetría, se requiere que las curvas de nivel tengan una precisión de 0.5 m.

- Planimetría:

Se requiere que la planta topográfica esté georreferenciada y se tengan puntos de referencia usando el sistema de coordenadas UTM.

Finalmente, el equipo de topografía debe entregar lo siguiente, como resultado del estudio:

- Reporte técnico del levantamiento de los datos, especificando los métodos utilizados para la obtención de la información y procedimientos de postproceso.
- Curvas de nivel con la precisión establecida de la zona de proyecto, base del modelo BIM o en planos CAD editables.

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se requiere, como mínimo, que el estudio o manifestación de impacto ambiental desarrolle los siguientes contenidos (SEMARNAT):

- Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental.
- Descripción del proyecto: características de la obra, descripción de las obras y actividades a realizar en cada una de las etapas del proyecto (programa general, selección del sitio, preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono), requerimientos del personal e insumos, y finalmente, generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

En el caso del proyecto de muelles es fundamental describir la siguiente información: área total del muelle, tipo de muelle (fijo o flotante), forma del muelle (marginal, espigón, en "T", en "U", etc.), material que se usará para la construcción, profundidad de proyecto del muelle, servicios con los que contará el muelle y tipo de embarcaciones que van a atracar.

Es importante que en este apartado se detalle sobre las obras provisionales a realizar, como pueden ser instalaciones sanitarias y el destino de las aguas de drenaje generadas, especificar los bancos de materiales usados y las formas de extracción, señalar en un plano los sitios para la disposición de residuos generados.

Si el proyecto contempla el desarrollo de alguna o varias de las actividades que se indican en la siguiente tabla, se debe incluir la información correspondiente.

**Tabla 24. Información requerida relacionada con actividades que causan impactos ambientales**

<b>Actividades</b>	<b>Requerimientos</b>
Desmontes y despalmes	Superficie afectada, tipos de vegetación afectados por los trabajos de desmonte y volúmenes de afectación en cada caso, señalar si se eliminarían ejemplares de especies en riesgo, de acuerdo con la legislación vigente el grado de afectación en la población (indicar si se pretende efectuar el rescate y reubicación de dichos ejemplares), las técnicas empleadas para efectuar el desmonte, las especies animales que podrían verse afectadas (especificando si alguna especie en riesgo pudiera verse amenazada), tipo y volumen del material de despalme.
Excavaciones, compactaciones y/o nivelaciones	Describir los métodos a utilizar para prevenir la erosión y garantizar la estabilidad de taludes, las obras de drenaje pluvial que se instalarían



	para mantener el escurrimiento original del terreno y el volumen del material sobrante o residual generado por estas actividades.
Cortes	Es necesario indicar la altura promedio y máxima de los cortes a realizar, la técnica constructiva y de estabilización de taludes, el volumen del material a remover y la forma de manejo, traslado y disposición final del material sobrante.
Rellenos en zona terrestre	Se requiere detallar el sitio del que proviene el material de relleno, el volumen y tipo de material requerido, procedimiento y descripción de la técnica constructiva empleada.
Rellenos en cuerpos de agua y zonas inundables	Especificar los tipos de flora y fauna que podrían ser afectados, ubicación del lugar donde se harían los trabajos, superficie total de la zona afectada, ubicación del sitio de donde se obtendrá el material, volumen y tipo de material requerido, firma de traslado y técnica de relleno considerada.
Dragados	Se debe indicar la ubicación, la profundidad a dragar, la técnica y el equipo a utilizar, el tipo y el volumen del material a extraer, detalles del oleaje en la zona, evaluación de las posibles modificaciones que causarían las obras de dragado a la dinámica local de erosión – denostación de sedimentos, batimetría de la zona, métodos para minimizar el impacto a la hidrodinámica de la zona, tipos de comunidades de flora y fauna que podrían ser afectados y ubicación de las zonas de tiro de material producto del dragado.
Desviación de cauces	En este caso se debe incluir la justificación, nombre y ubicación del cuerpo de agua, la descripción de los trabajos de desvío, gasto promedio desviado y porcentaje respecto al volumen total, tipos de comunidades de flora y fauna que podrían verse afectados, así como la autorización de CONAGUA para llevar a cabo el desvío.
Otros	Describir a detalle otras actividades de alto impacto no consideradas en los renglones anteriores de esta tabla.

Será necesario también hacer una relación de las sustancias peligrosas que pudieran estar contempladas para alguna de las actividades del proyecto.

- Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre el uso de suelo: análisis de instrumentos normativos y de planeación.

- Descripción del entorno del proyecto, esto implica describir aspectos del medio físico (clima, geología, geomorfología, tipos de suelo, hidrología), del medio biótico (vegetación y fauna), aspectos socioeconómicos de la región del proyecto (demografía, servicios, urbanización, aspectos culturales y otros indicadores relevantes), y aspectos económicos. Es importante hacer la descripción de la estructura del sistema y llevar a cabo el análisis de los componentes ambientales relevantes y críticos.

En el caso de un estudio para el desarrollo de **muelles**, al ser desarrollado en zona marina se requiere describir el área, tipo de costa, el ambiente marino, la batimetría, fisiografía, perfil de playa, corrientes, sistemas de transporte litoral, características físicas del sistema abiótico de las masas de agua (salinidad, temperatura, etc.), e incluir un mapa de caracterización ambiental marina.

- Diagnóstico ambiental: se hará el diagnóstico de la problemática ambiental, considerando los procesos de aprovechamiento (explotación y transformación) y deterioro de los recursos naturales en detrimento de los ecosistemas y la calidad de vida de la población.
- Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales: clasificación de los impactos (caracterización, magnitud, duración, reversibilidad, necesidad de aplicación de medidas correctivas e importancia, identificación de las afectaciones al sistema ambiental y determinación del área de influencia.

Se construye un escenario en el que se proyecta la obra construida y se analizan los efectos que produce al entorno.

- Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales: las medidas deben ser claras sobre su mecanismo y efectos, se deben incluir los planos, procedimientos y especificaciones técnicas que apliquen, la duración de las actividades de mitigación y la programación de las mismas, así como todo lo necesario para aclarar la forma en la que se efectuarán las acciones.

Dentro de esta sección se requiere anexar un apéndice sobre generación, manejo y disposición de emisiones y residuos sólidos, para ello se debe presentar la siguiente información: análisis de los residuos sólidos, emisiones atmosféricas y descargas de aguas residuales que se producirán en cada una de las etapas del proyecto (fuente, volumen, forma y lugar de disposición final, así como la infraestructura y formas de recolección, manejo y disposición final), y medidas de control que se pretende llevar a cabo para minimizar las emisiones y descargas.

- Pronósticos ambientales y evaluación de alternativas: se toma como base el escenario ambiental afectado por la construcción de la obra y se crea una versión a la que se agregan las medidas preventivas y de mitigación sobre los impactos ambientales relevantes y críticos. Los resultados de la proyección del escenario permitirán desarrollar un programa de seguimiento y valoración de la desviación entre los valores esperados (resultados de la proyección) y los observados (resultados del programa de monitoreo) para tener una medida del desempeño ambiental.

Es necesario proponer además un programa de monitoreo de las variables ambientales que indiquen cambios en el comportamiento del sistema como parte de la interacción con los proyectos, deben ser incluidos los procedimientos de acción a implementar cuando se rebasen los valores permisibles.

- Conclusiones: realizar una autoevaluación integral del proyecto a través de un balance impacto – desarrollo, con la anterior evaluación se procede a concluir si el proyecto es ambientalmente viable o el impacto ambiental potencial se considera inadmisible.

## ESTUDIO GEOTECNICO

En ningún caso un programa de exploración debe incluir únicamente métodos indirectos (geofísicos), lo realizado por la Geofísica siempre debe estar calibrada con sondeos geotécnicos.

A continuación, se describe el alcance de los métodos geofísicos más comunes:

- Sísmica de refracción marina: Permite hacer una estimación, a través de la velocidad de propagación de las ondas tipo P (primaria) en el subsuelo, las características de compacidad de los materiales, así como los espesores de cada uno de los estratos.
- Sísmica de reflexión: Es auxiliar en la estimación de la longitud de elementos existentes de concreto o acero en el sitio de estudio, a través de la velocidad de la onda tipo P y de la onda reflejada.
- Down hole: A partir de este método es posible estimar los parámetros dinámicos del subsuelo.

**Tabla 25. Requisitos mínimos correspondientes a la exploración geotécnica: cantidad y profundidad de los sondeos.**

Número de sondeos		Profundidad de los sondeos	
Estratigrafía homogénea	Estratigrafía heterogénea	Muelles fijos: predominio de fuerzas verticales y horizontales	Muelles flotantes: predominio de fuerzas horizontales
Separación de 70 a 90 m.	Separación de 35 a 50 m.	No menos de 20 a 25 m bajo cota de dragado o hasta encontrar un estrato con N=40 golpes en 8 o 10 m de espesor.	No menos de 10 a 12 m bajo la cota de dragado.
Separación de 50 a 100 m.	Separación de 10 a 30 m.	Algunos metros con N mayor que 30 en instalaciones menores y mayor que 50 en instalaciones mayores.	

Requisitos mínimos para la realización de exploración con el uso de exploración geofísica, método de sismica de refracción marina:

Longitud de los tendidos	Profundidad de la investigación	Ubicación
65 m en planta.	18 a 20 metros bajo lecho marino	A lo largo del eje de proyecto de manera continua o alternada.

En todos los casos, para ubicar la exploración se requerirá del uso de instrumentos de geolocalización como un GPS comercial, equipo topográfico o distanciómetros como apoyo.

El programa de laboratorio de Geotecnia para un muelle se presenta a continuación.

**Tabla 26. Requisitos mínimos del laboratorio de Geotecnia.**

<b>Tipo de prueba</b>	<b>Frecuencia</b>
Contenido de agua y clasificación SUCS	1 por cada muestra SPT o TS
Distribución granulométrica	1 a cada 3 a 5 m
Porcentaje de finos	1 a cada 3 a 5 m
Límites de consistencia	1 a cada 3 a 5 m
Densidad de sólidos	1 cada 5 m
Prueba de compresión simple	2 probetas por TS
Prueba de compresión triaxial U-U	1 juego de tres ensayos por TS
Ensayo de consolidación unidimensional	1 juego de tres ensayos por TS

La cantidad y tipo de pruebas dependen primordialmente del tipo de suelo encontrado, por esta razón, los programas de laboratorio deben ser flexibles para poder ajustarse a los materiales encontrados en el sitio.

Finalmente, el ingeniero especialista en Geotecnia debe definir los siguientes aspectos de manera general, como resultado del estudio:

- Condiciones físicas generales en el sitio: fisiografía, geología, regionalización sísmica, etc.
- Estratigrafía y propiedades del subsuelo, incluyendo perfiles estratigráficos, individuales y longitudinales que pueden ser integrados al modelo BIM.
- Propuesta de aceleración y coeficientes sísmicos,
- Valoración del potencial de licuación.

Para el caso específico de los muelles, el geotecnista deberá definir lo siguiente:

- Tipo de cimentación más conveniente: pilotes prefabricados de concreto, pilas coladas "in situ" o pilotes tubulares de acero.
- Estratigrafía y propiedades elegidas para el análisis de la cimentación.
- Características geométricas y físicas del elemento por analizar.

- Criterios de análisis: carga axial y resistencia lateral.
- Capacidad de carga admisible en función de la profundidad de desplante para elementos de diferente diámetro.
- Resistencia axial y lateral.
- Recomendaciones de construcción: materiales, maniobras y procedimientos.

## **DINÁMICA LITORAL**

Como resultado de una investigación básica de dinámica litoral debe determinarse como mínimo la siguiente información necesaria para el diseño de un muelle:

- La fuerza de oleaje ( $F_o$ ) debe obtenerse en obras fuera de la costa, en muelles poco protegidos o del tipo espigón en donde el efecto de las olas pueda ser significativo.
- La fuerza de corriente se ( $F_c$ ) deberá obtenerse en muelles construidos en la riberas de ríos, en muelles costeros en zonas protegidas el efecto de esta no es significativo.

## **ESTUDIOS METEOROLÓGICOS**

Es importante conocer la acción ejercida por el viento, para ello es fundamental conocer los siguientes datos:

- Obtener el parámetro  $U$  (velocidad del viento en m/s) que funciona como base para determinar las acciones del viento a través de expresiones establecidas por diversas instituciones.
- Determinación de la presión del viento actuando tanto longitudinalmente como de manera transversal.
- En muelles tipo espigón es necesario conocer el empuje total del viento actuando en las dos direcciones, considerando al eje del muelle como concurrente de las trayectorias, es necesario que la fuerza del viento sea calculada siguiendo criterios ampliamente reconocidos como los propuestos por el PIANC, el laboratorio de Delft, el DIN de Alemania o el Laboratorio de Francia.

### **4.3.3 EL PERFIL DEL GERENTE DE PROYECTOS DE OBRAS MARÍTIMAS**

La definición de este perfil se hace con base en la respuesta que dieron los expertos cuando se les cuestionó sobre las características de un gerente de proyectos apropiado para dirigir con éxito el desarrollo de los estudios básicos y también considerando las sugerencias de buenas prácticas hechas por el Project Management Institute en el PMBOK.

## **SEXTA ACCIÓN: DEFINICIÓN DEL PERFIL DEL GERENTE DE PROYESTOS PARA EL CASO DE ESTUDIO**

En opinión de los entrevistados, el encargado debe tener **conocimiento básico de todas las áreas técnicas involucradas, experiencia en la construcción y desarrollo de proyecto de obras marítimas y tener habilidades de coordinación, comunicación y gestión de proyectos.**

De acuerdo con las recomendaciones del PMI, el gerente de proyecto es la persona encargada de liderar al equipo de trabajo y alcanzar los objetivos del proyecto, por lo que el **liderazgo** es una pieza clave en el perfil.

Integrando las dos referencias, los atributos que debe tener un gerente de proyectos para dirigir con efectividad la realización de los estudios básicos asociados a las técnicas de construcción de muelles es:

- Conocimientos técnicos básicos sobre las áreas de ingeniería involucradas, alcances de los estudios y particularidades de la obtención de la información.
- Experiencia en la construcción y/o el desarrollo de proyectos de muelles.
- Conocimientos y experiencia sobre gestión y dirección de proyectos de obras marítimas para integrar la etapa de estudios básicos con las demás etapas del proyecto y conseguir los objetivos.
- Habilidades para coordinar el trabajo, colaborar con los involucrados, resolver problemas y tomar decisiones de manera eficaz.
- Habilidades para desarrollar y gestionar el alcance de la investigación, el programa de actividades, el presupuesto, planes, presentaciones de resultados e informes.
- Liderazgo, personalidad, ética, actitud, motivación, etc.

El gerente de proyectos debe aplicar su liderazgo en el desempeño de las funciones que debe llevar a cabo para poder dirigir con éxito el desarrollo de los estudios básicos:

- Conocer los términos de referencia para el desarrollo del proyecto de manera integral y profunda, sus objetivos, alcances, entregables, etc.
- Realización de visita al sitio de los trabajos, previo al inicio, para revisar condiciones de acceso y aspectos de planeación y logística para el desarrollo de los trabajos.
- Conocer el contexto del proyecto de muelle, la gran visión y los detalles.
- Coordinar, dirigir y vincular a los especialistas involucrados en todas las fases: estudios previos, diseño y construcción.
- Desarrollar las acciones necesarias para cumplir con los objetivos establecidos en tiempos de entrega, costos y calidad

Los gerentes de proyecto efectivos necesitan tener un equilibrio entre sus habilidades éticas, interpersonales y conceptuales que los ayude a analizar situaciones, tomar decisiones acertadas, todo esto para conseguir los objetivos.

## **REFERENCIAS DEL CAPÍTULO**

“Guía y Apéndices de la guía para elaborar el informe preventivo y las manifestaciones de impacto ambiental modalidad particular y regional sector turismo”, Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

## 5. APLICACIÓN EN CASO PRÁCTICO

---

Esta sección tiene como propósito aplicar la estrategia diseñada en el **capítulo 5** a un caso real con el objetivo de ejemplificar la forma de poner en práctica las recomendaciones planteadas y para comparar la forma tradicional de proceder con la que se propone en este trabajo.

Se buscó el acceso a información sobre el desarrollo y los resultados obtenidos en una campaña de estudios básicos para la construcción de un muelle, se obtuvo la autorización de la Administración Portuaria Integral de Tuxpan para usar los datos relativos a los estudios básicos para el Muelle Granelero No. 3 del Puerto de Tuxpan, Ver. La API Tuxpan es la entidad que administra los proyectos que se llevan a cabo en el puerto homónimo.

### 5.1 LOS ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL MUELLE GRANELERO NO. 3

Los trabajos de ingeniería básica se realizaron a petición de la Administración Portuaria Integral de Tuxpan, S.A. de C.V.

Tuxpan es el puerto fluvio-marítimo de altura más cercano a la Ciudad de México, a 330 km, ubicado en la ciudad que lleva su nombre al norte del estado de Veracruz, sobre el litoral del Golfo de México.

#### LA LICITACIÓN

La Administración Portuaria Integral (API) Tuxpan proyectó la construcción del Muelle Tres en el puerto, por lo que lanzó una invitación a cuando menos tres personas para la elaboración del **“Proyecto ejecutivo para la construcción del Muelle Tres en el interior del recinto portuario en el puerto de Tuxpan, Ver.”**, disponible en CompraNet (Zaneta,2016).

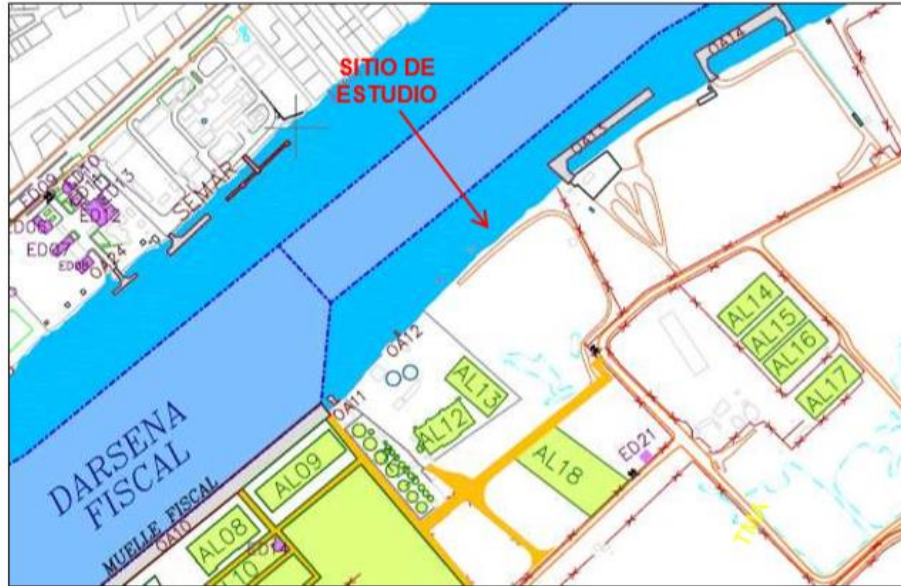
De acuerdo con las bases del concurso, las actividades a desarrollar incluyen la recopilación, análisis y evaluación de la información existente, recorrido por la zona del proyecto, definición de parámetros de diseño y el análisis de operatividad del muelle; así como el anteproyecto del muelle con la revisión del dimensionamiento portuario y las bases del usuario.

La fecha de presentación y apertura de proposiciones fue el 22 de agosto de 2016; mientras que el fallo se efectuó el día 28 del mismo mes.

#### DATOS DEL PROYECTO

Consiste en la construcción de un nuevo muelle marginal para manejo de granos, el muelle se ubica sobre la margen derecha del río Tuxpan y colinda al suroeste con el muelle de Transferencias Graneleras (OA12) y al noreste con el muelle de Granelera Internacional de Tuxpan (OA13).





**Figura 36. Ubicación del sitio de estudio**

Dentro de los términos de referencia, se mencionó que la longitud del frente de atraque del muelle sería de 230 m y el ancho de la plataforma de 25 m.



**Figura 37. Imagen satelital de la zona de proyecto**

El diseño estructural del muelle requirió una serie de datos base, que se obtuvieron a través de estudios hechos en el sitio a la par de que se hizo una investigación de información ya disponible como las características técnicas de las embarcaciones, la manifestación de impacto ambiental y los datos meteorológicos.

## ALCANCE DE LOS ESTUDIOS

Los términos de referencia el proyecto ejecutivo describieron las investigaciones de ingeniería a realizar, en la siguiente tabla se detalla sobre el objetivo y el alcance de cada uno de los estudios básicos solicitados:

**Tabla 27. Objetivo y alcance de los estudios para el Muelle Granelero 3.**

ESTUDIO BÁSICO	OBJETIVO	ALCANCE
Topografía - batimetría	Obtener la configuración de los niveles en el fondo marino y en el espacio terrestre involucrado en el proyecto.	Retomar la batimetría de zona aledaña al muelle y topografía del lado terrestre del muelle previamente realizada en la etapa de prefactibilidad.
Impacto ambiental	Detectar los impactos negativos en la zona de proyecto, así como las medidas de mitigación de los mismos.	El alcance de las manifestaciones de impacto ambiental normalmente es a nivel puerto, sin embargo, se requiere conocer el impacto y las mitigaciones en las zonas aledañas al área de proyecto.
Geotécnico y geológico	Proporcionar los elementos geotécnicos necesarios para el diseño de la estructura marina que se tiene prevista en el anteproyecto.	Caracterización geotécnica de la zona de proyecto y hasta una profundidad de al menos treinta metros respecto al NBM (nivel de bajamar media), o penetrando al menos tres metros en el estrato resistente.
Investigación de datos para el diseño estructural: dinámica litoral, información meteorológica, datos sísmicos	Determinación de la fuerza de oleaje y la fuerza de corriente.  Determinación de acciones accidentales causadas principalmente por el viento para considerarlos en el diseño del muelle.  Valorar el impacto de las acciones sísmicas en la estructura.	Datos correspondientes a la zona influencia de la obra.
Otras investigaciones		
Datos de las embarcaciones y el equipo	Contar con información de las embarcaciones y el equipo que se colocará en el muelle con fines de dimensionamiento y diseño estructural.	Detalle de las características físicas y operativas de las embarcaciones que atracarán en el muelle y el

		equipo a usarse en las maniobras.
--	--	-----------------------------------

## PROGRAMA DE TRABAJO Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO

El programa general de trabajo inicial contempló una duración de seis meses para la construcción de la primera etapa del muelle, considerando el inicio desde la elaboración del proyecto de inversión, trámites y permisos, diseño de ingeniería, construcción, hasta las pruebas, operación y mantenimiento, como se detalla en el diagrama de Gantt que se presenta a continuación

PROGRAMA DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA (ATRACADERO) DEL MUELLE EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA TRANSFERENCIAS GRANELERAS S.A DE C.V.						
CONCEPTO	TIEMPO EN MESES					
	1	2	3	4	5	6
Proyecto de Inversión	■					
Trámites y permisos	■					
Manif. de Impacto Ambiental	■					
Licencia de construcción	■					
<b>DISEÑO E INGENIERÍA</b>						
Mecánica de suelos	■					
Diseño de cimentación	■					
Diseño de estructura	■					
<b>CONSTRUCCIÓN</b>						
Habilitado de áreas de apoyo	■					
Trazo y nivelación	■					
Fabricación de pilotes	■	■				
Hincado de pilotes para duques			■	■		
Cimbra y armado de duques				■	■	
Colado de duques de alba				■	■	■

Figura 38. Programa de trabajo del proyecto del Muelle Granelero 3.

El tiempo contemplado inicialmente para la realización de los estudios fue de medio mes, destacando que los estudios que se incluyen en el calendario son la manifestación de impacto ambiental y el estudio de mecánica de suelos (geotécnico).

La organización del trabajo de estudios básicos se llevó a cabo de la siguiente forma:

El equipo fue encabezado por el coordinador o gerente de proyectos, que estuvo al frente del proyecto desde la concepción de la idea hasta la entrega de la obra construida, este gerente se encargó de dirigir y coordinar el proceso y a los participantes: los especialistas técnicos y el estructurista encargado del diseño del muelle.

En la Figura 39, se representa la estructura de la organización durante la realización de los estudios, las flechas señalan la dirección de la comunicación en el esquema, el tipo de comunicación fue uno a uno, y la mayoría de las ocasiones el intermediario fue el gerente de proyectos, pocas veces los especialistas se comunicaron directamente.

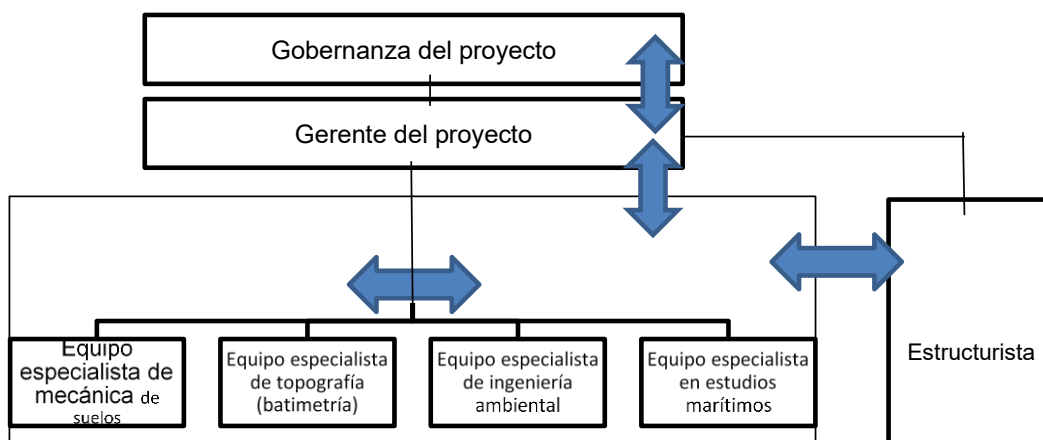


Figura 39. Diagrama de la estructura de organización implementada en el desarrollo de los estudios para el Muelle Granelero de Tuxpan, Ver.

## RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS

Después de la obtención y análisis de los datos obtenidos, cada uno de los equipos de ingeniería participantes presentó los entregables elaborados para integrarlos al proyecto y ocupar los datos obtenidos en la elaboración del proyecto ejecutivo del muelle,

Tabla 28. Resumen de entregables generados en la etapa de estudios básicos para el Muelle Granelero 3 de Tuxpan

ESTUDIO BÁSICO	ENTREGABLE
Topografía - batimetría	Planos impresos y en formato digital DWG en dos dimensiones del levantamiento previamente realizado.  Los planos topográficos fueron útiles para definir el área de proyecto, definir la posición de los sondeos geotécnicos, definir el perfil estratigráfico del subsuelo, dimensionar el muelle y como base del diseño estructural.
Impacto ambiental	Manifestación de impacto ambiental y medidas de mitigación, útil en la autorización de la construcción del proyecto.
Geotécnico	Reporte técnico con dictamen sobre la cimentación y recomendaciones sobre la construcción.  Perfil estratigráfico en dos dimensiones y figuras de soporte en PDF y DWG.  También se incluyeron datos geológicos y sísmicos.
Dinámica litoral	Los datos recabados se incluyeron dentro de la memoria de cálculo estructural del muelle, incluyendo la referencia de donde se tomaron los valores reportados.  Esta información fue útil para involucrar las fuerzas actuantes en el diseño.
Meteorológico	
Datos de las embarcaciones	

- **TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA**

En la Figura 40 aparecen los datos batimétricos de la zona de estudio representados en una vista en planta, donde se observa que en el sitio elegido para el muelle el nivel del fondo del río oscila entre las cotas +1 y -7 m respecto del nivel de bajamar media (NBM), aproximadamente. Por otra parte, de acuerdo con los términos de referencia, la cubierta del muelle se proyectó a la cota +3 m.

La parte terrestre vecina al muelle reporta elevaciones que varían entre +1 y +2 m, lo que implica que para alcanzar la cota de cubierta del muelle de +3.0 m es necesaria la colocación de rellenos.

De acuerdo a lo planeado, el dragado del material frente al muelle se llevará a la cota -10 m y en un futuro a la cota -12 m (NBM).

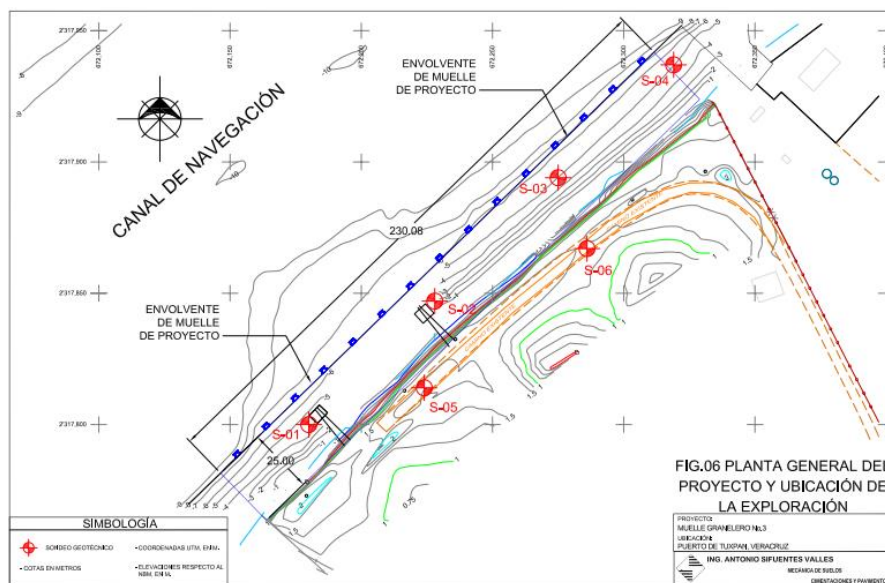


Figura 40. Planta batimétrica del sitio de estudio.

- **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

El estudio de impacto ambiental desarrollado para el proyecto incluyó la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales que se presenta a continuación:

Tabla 29. Matriz de identificación y evaluación de los impactos ambientales.

**V.3. Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.**

ACTIVIDADES DEL PROYECTO, POR ETAPA, QUE PUEDEN CAUSAR IMPACTOS AL AMBIENTE		MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE PARA DESCARGA DE GRANELES EN LAS INSTALACIONES DE TRANSFERENCIAS GRANELERAS S.A. DE C.V., EN TUXPAN, VERACRUZ.																	
		FACTORES AMBIENTALES QUE PUEDEN SER AFECTADOS																	
		FÍSICOS				BIOLÓGICOS				SOCIOECONÓMICOS									
		SUELO	AIRE	AGUA	PAISAJE	VEGETACIÓN	FAUNA												
		Cubierta edificativa	Fondo de río	Calidad	Nivel de ruido	Flujo	Calidad del agua	Composición actual	Terrestre	Acuática	Terrestre	Acuática	Economía local	Gener. de empleos	Calidad de vida				
CONSTRUCCIÓN	PREPARACIÓN DEL SITIO	Trazo y nivelación													F				
		Confinamiento de las áreas de trabajo				B			B										
	CONSTRUCCIÓN	Fabricación de pilotes			B				B							F			
		Hincado de pilotes		M		B		B						B					
		Construcción de duques de alba						B						B		F			
		Dragado de área del muelle		M		B	B	B						B					
		Acarreo y disposición productos de dragado	B		B	B			B	B			B						
		Const. caballetes para pasarela y plataforma			B				B	B				B		F			
		Construcción de pasarela						B						B		F		F	
		Construcción de plataforma y accesos	B					B	B	B				B		F			
		Instalación de defensas bitas y accesorios				B										F			
		Desmant. de obras de apoyo y limpieza gral.	F							F									
		Contratación de personal															F	F	
		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Atraque de buques								B								
			Descarga de graneles								B					F		F	
Mantenimiento del muelle							F		F							F			

A partir de los impactos identificaros, se plantearon medidas preventivas y de mitigación, estas se clasificaron por etapa del proyecto:

Etapa de preparación del sitio: para contrarrestar la generación inusual de ruido, el impacto temporal al paisaje por el confinamiento de las áreas de trabajo y, las obras provisionales.

Etapa de construcción: para mitigar la modificación de las características del suelo en el sitio de disposición de los productos de dragado, recuperación del material de despilme, para el impacto por el enturbiamiento del agua, para contrarrestar el daño ocasionado por las actividades de dragado, para la generación de polvos en el sitio de construcción, para las emisiones de gases a la atmósfera por la operación de la maquinaria, para el impacto por la modificación mínima del régimen de flujo del agua en el río Tuxpan y medidas para evitar su contaminación, para el efecto por el desplazamiento temporal de la fauna acuática, etc.

Como medidas complementarias se dictaminaron acciones para contrarrestar el impacto potencial por la generación de desechos domésticos por las brigadas de trabajo, para mitigar la generación de desechos peligrosos que pudieran incidir en el suelo o agua, etc.

Etapa de operación y mantenimiento: mantener las instalaciones del muelle en perfecto estado de operación y limpieza y medidas para mitigar la contaminación potencial del río.

La conclusión principal de la MIA del Muelle Granelero 3 del Puerto de Tuxpan, Ver. (2016) fue que los impactos producidos por el proyecto en el medio ambiente local no se consideran de relevancia y consisten en:

- a) El desplazamiento temporal de las especies de fauna acuática (peces) en el cauce del río, que al cesar las actividades con la conclusión de la obra retomarán el sitio, no se eliminarán especies.
- b) En el sitio del proyecto no se encuentran especies de vegetación, el predio en la ribera del río se encuentra ocupado por las instalaciones del actual muelle compuesto por dos duques de alba.

La mayoría de los impactos adversos identificados son de carácter potencial y temporal, generados principalmente por las actividades de construcción, por lo que se consideró que con una correcta aplicación de medidas de prevención y mitigación, así como la supervisión de su aplicación, sus efectos serán mínimos, y en el mejor de los casos no aparecerán. Se previó que estos cesarían al concluir las etapas de preparación del sitio y construcción.

En la zona no existen áreas naturales protegidas por lo que el proyecto no tiene influencia sobre alguna de ellas. No se detectaron especies consideradas en la norma NOM-059-SEMARNAT-2001 como residentes del sitio. El desarrollo del proyecto no contempla hacer aprovechamiento de fauna o flora y no los afectará de manera alguna.

Finalmente, se concluyó que el establecimiento del muelle presenta un balance favorable en cuanto a desarrollo con respecto al impacto puesto que se encuentra en una zona con la asignación del suelo industrial que es compatible, se trata de una zona alterada en el aspecto ambiental, no afecta flora o fauna y los impactos favorables tendrán reflejo permanente en el aspecto socioeconómico de la región.

## • ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTÉCNICO

El Servicio Geológico Mexicano<sup>1</sup> destaca la presencia en el área de interés de depósitos de aluvión (Qhoal), donde se identifican intercalaciones de suelos arenosos y arcillosos, tal y como se muestra en la Fig.41

Para elegir el apoyo del muelle se valoraron las siguientes alternativas. a) Empleo de una cimentación profunda a base de pilas que contará con una tablestaca metálica en su respaldo como elemento de contención. b) Empleo de una cimentación profunda a base de pilotes verticales e inclinados, que contará también con una tablestaca metálica en su respaldo como elemento de contención. c) Empleo de una cimentación profunda a base de pilas o pilotes, que contará con un pedraplén como elemento de contención de los rellenos.





**Figura 41. Detalle de carta geológica en la zona de proyecto.**

Para investigar el subsuelo en el área de proyecto se realizaron seis sondeos: cuatro en agua, S-1 a S-4, y dos más en tierra, S-5 y S-6.

A través de la perforación en cada sondeo, se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas de manera continua, estas muestras fueron ensayadas en el laboratorio, se les efectuaron pruebas para determinar propiedades índice y mecánicas. Los parámetros obtenidos de los ensayos y de la prueba de penetración estándar permitieron definir la estratigrafía del sitio.

La estratigrafía del sitio definida corresponde a suelos fluvio-lacustres que denotan de manera general la presencia de suelos arcillosos de resistencia baja a moderada que alcanzan profundidades que varía entre -18 y -23 m. Bajo estos suelos existen depósitos mayormente de tipo arenoso, con algunas intercalaciones de suelos arcillosos, cuya compacidad crece usualmente con la profundidad. El estrato resistente está formado por gravas de alta compacidad o por arenas muy compactas, cuyo contacto superior se ubica entre las cotas -30 y -36 m.

El equipo de ingeniería geotécnica desarrolló el perfil estratigráfico en formato DWG de la zona de estudio (Figura 42) que además fue entregado al gerente del proyecto en formato digital e impreso, se definieron los estratos en un dos gráficos de dos cortes: el primero de ellos al frente en el límite del muelle con el litoral (Figura 43), y el segundo en zona de tierra a unos metros atrás (Figura 44).



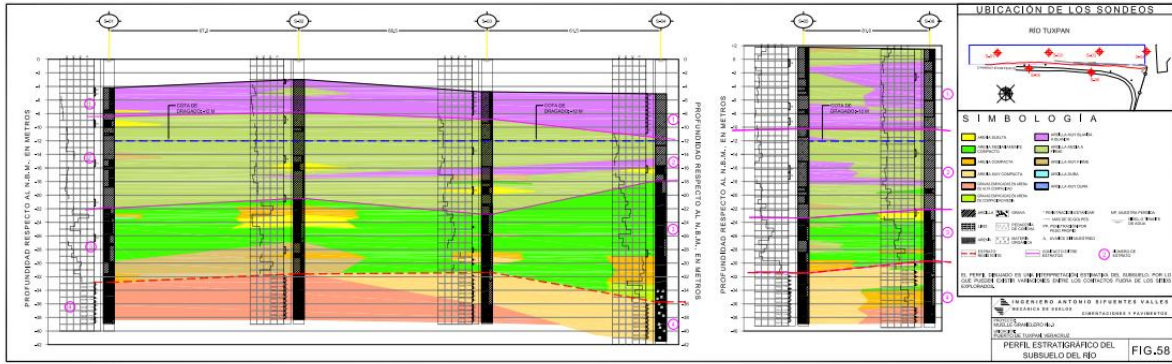


Figura 42. Perfil geotécnico del proyecto del Muelle Granelero 3 de Tuxpan. (Sifuentes, 2016)

En los perfiles estratigráficos se señaló con una línea discontinua el contacto con el estrato resistente en el que se recomienda apoyar la cimentación del muelle.

El perfil estratigráfico y las recomendaciones realizadas por el ingeniero geotecnista experto se incluyeron como parte del reporte del estudio geotécnico que se entregó como informe final al estructurista y el gerente del proyecto para ser considerado en las etapas posteriores del proyecto.

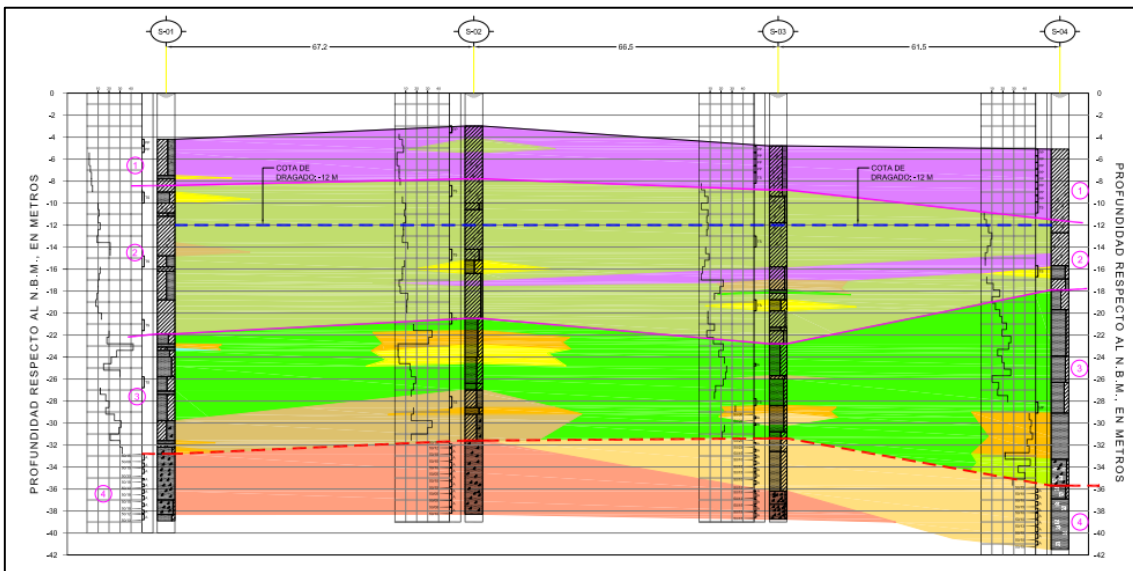


Figura 43. Perfil geotécnico longitudinal en el frente del muelle (zona de agua). (Sifuentes, 2016)

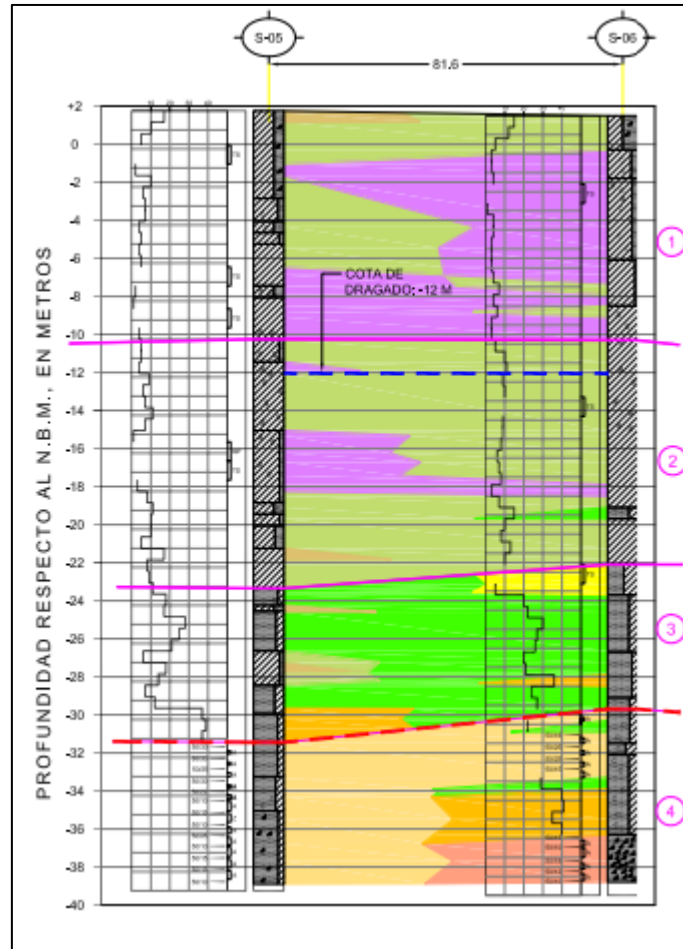


Figura 44. Perfil geotécnico en la zona terrestre. (Sifuentes, 2016)

- INVESTIGACIÓN DE DATOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

La búsqueda de estos datos para posteriormente involucrarlos en el diseño y dimensionamiento fue llevada a cabo por el estructurista y se reportaron en la memoria de cálculo generada como respaldo.

DINÁMICA LITORAL: Los planos de mareas referidos al nivel medio del mar para la estación Tuxpan, Ver., obtenidos por el Servicio Mareográfico Nacional del Instituto de Geofísica (UNAM), se muestran a continuación:

Alturas de marea reportadas para la estación Tuxpan, Ver.	
Nivel de marea	Elevación
Pleamar Máxima Registrada	0.833
Nivel de Pleamar Media	0.219
Nivel Medio del Mar	0.000
Nivel de Media Marea	-0.033
Nivel de Bajamar Media	-0.284
Bajamar Mínima Registrada	-0.782
Tipo de Marea	Mixta Diurna

**SISMICIDAD:** Para valorar el aspecto sísmico se recurrió a las siguientes referencias que se comentan en orden de antigüedad.

- a) Mapas de Peligro Sísmico en México (PSM2, 1996). Los mapas de peligro sísmico que aparecen en las figs.2 a 4, le conceden al sitio las siguientes aceleraciones máximas,  $a_{0r}$ , para terrenos comparables con roca suave o sedimento firme.

Tr, años	$a_{0r}$ , cm/s <sup>2</sup>	$a_{0r}$ (g)
10	11	0.011
50	21	0.021
100	27	0.028
500	45	0.046
1000	55	0.056

g, aceleración de la gravedad.

- b) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en su norma N-PRY-CAR6-01-005/01 (2001), relativa al aspecto sísmico de puentes y estructuras similares. De acuerdo a la regionalización sísmica adoptada por la SCT que aparece en la Fig.2, el sitio de estudio pertenece a la región B, con los siguientes coeficientes sísmicos básicos para estructuras del Tipo B. Las estructuras del Tipo B se refieren a puentes y estructuras similares ubicados en o sobre carreteras de dos carriles.

Zona Sísmica	Tipo de suelo	$a_0$	c
B	I	0.04	0.14
	II	0.08	0.30
	III	0.10	0.36

- Dónde:  $a_0$ , coeficiente de aceleración horizontal del terreno, como fracción de la aceleración gravitatoria (adimensional)  
 c, coeficiente sísmico que representa la mayor ordenada espectral que debe emplearse para el análisis sísmico estático cuando no se calcule el período de vibración de la estructura (adimensional).

- c) Comisión Federal de Electricidad (2008) y el programa de cómputo PRODISIS V2.3 (2011). El manual de la CFE permite definir la siguiente respuesta dinámica para el sitio de estudio, Mapas de Peligro Sísmico en México, Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Comisión Federal de Electricidad e Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1996.

Parámetro	Valor
Aceleración máxima del terreno rocoso	53 gals
Aceleración máxima del terreno rocoso, $a_{0r}$ .	0.054
Periodo de retorno, Tr.	18,814 años
Velocidad	9 cm/s
Desplazamiento	6 cm

## NOTAS SOBRE LA GERENCIA DE PROYECTOS DEL CASO REAL

- En el programa de trabajo original del proyecto no se desarrollaron a detalle las actividades relacionadas a los estudios básicos, se incluyeron como conceptos la Manifestación de Impacto Ambiental y la Mecánica de Suelos, se omitió especificar la búsqueda de las acciones de diseño estructural (datos sísmicos, meteorológicos, de dinámica litoral y características de las investigaciones).
- La duración de la realización de los estudios básicos fue de 10 semanas, el doble más una semana del tiempo considerado originalmente en el programa inicial del proyecto, esto implica un desfase del 100% de lo contemplado en la planeación inicial, sin embargo, adicionalmente se solicitaron aclaraciones posteriores al especialista encargado del estudio geotécnico, fueron requeridas 2 semanas más para concluir definitivamente las investigaciones. El total de la duración fue de 12 semanas.
- La estructura organizacional del equipo de trabajo adoptó una forma tradicional jerárquica, en la que la comunicación entre los especialistas y el estructurista se realizó a través del gerente de proyectos, el flujo de la información también se realizó siguiendo ese mecanismo y solo en algunas ocasiones la comunicación se realizó de manera horizontal.
- Dio inicio la realización de los estudios sin que los especialistas de impacto ambiental y Geotecnia tuvieran la certeza de la vigencia del levantamiento topográfico, puesto que se retomó información generada dos años antes. Finalmente se confirmó que el levantamiento se mantenían vigente para su uso como información preliminar.

### 5.2 APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEJORA AL CASO DEL MUELLE GRANELERO 3

Este punto de la tesis tiene como finalidad mostrar la aplicación de las acciones estratégicas planteadas en un plan de ejecución de los estudios para el Muelle Granelero 3 como mejora a las dificultades que se presentaron en la realidad.

- Se desarrolla el marco de trabajo bajo el esquema Scrum para la organización del equipo, para ello se detalla el *Product Backlog* del proceso y los *Sprint Backlog* preliminares, especificando todas las actividades de cada uno de los estudios, así como los trámites asociados y añadiendo dentro de las tareas las juntas de retroalimentación y las de emergencia para mejorar la comunicación y gestión del proceso.
- Se elaboran los siguientes modelos: se desarrolla el tablero KANBAN para la gestión de las actividades y el control de su avance, se esboza también el programa de actividades tradicional a manera de diagrama de Gantt derivado del esquema SCRUM y se elabora el modelo BIM integrando la información obtenida del levantamiento topográfico y la exploración geotécnica.

## IMPLEMENTACION DEL ESQUEMA DE TRABAJO DE SCRUM (ÁGILE) A LA ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS

El *Product Backlog* del proceso de realización de estudios básicos para el Muelle Granelero 3 del Puerto de Tuxpan es:

Clave	Actividad	Duración	Responsable	Predecesora	Sucesora
<b>Topografía y batimetría</b>					
101	Recopilación de la información existente	½ semana	Gerencia de proyectos	401	102
102	Modelado de los datos topográficos – batimétricos en software BIM	½ semana	Modelador BIM	101	201
<b>Geotecnia</b>					
201	Investigación preliminar	1 semana	Especialista en Geotecnia	102	202
202	Acceso al sitio y habilitación del equipo	½ semana	Brigada de trabajos de campo	201	204,205
203	Visita del especialista	½ semana	Especialista en Geotecnia	102	207
204	Sondeos en agua	5 semanas	Brigada de trabajos de campo	202	206
205	Sondeos en tierra	2 semanas	Brigada de trabajos de campo	202	206
206	Pruebas de laboratorio	4 semanas	Brigada de laboratorio de Geotecnia	204 y 205	207
207	Dictamen técnico	5 semanas	Especialista en Geotecnia	207	208
208	Modelado de estratigrafía en el modelo BIM	1 semana	Especialista en Geotecnia - Modelador BIM	208	
<b>Impacto ambiental</b>					
301	Recopilación de información preliminar	1/2 semana	Equipo de ingeniería ambiental	101	302
302	Visita al sitio	½ semana	Líder del equipo de ingeniería ambiental	301	303

303	Elaboración de MIA	2 semanas	Equipo de ingeniería ambiental	302	304
304	Incorporación de medidas de mitigación al modelo BIM	½ semana	Equipo de ingeniería ambiental – Modelador BIM	304	
Trámites					
401	Firma de contratos	1 día	Gestor de trámites	-	101
402	Trámites de acceso al sitio para la realización de inspección de impacto ambiental	2 días	Gestor de trámites	101	301
403	Trámites de acceso al sitio para la realización de estudio geotécnico	2 días	Gestor de trámites	102	202
404	Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP	A lo largo del proceso	Gestor de trámites	401	
405	Trámites de salida del equipo de impacto ambiental del sitio de los trabajos.	2 días	Gestor de trámites	302	
406	Trámites de salida del equipo de geotecnia	2 días	Gestor de trámites	205	
407	Trámites de salida del equipo de geotecnia	A lo largo del proceso	Gestor de trámites		

La duración de cada *Sprint* para el desarrollo de los trabajos es de una semana, mientras que la cantidad de Sprints a realizar es de 10. Los *Sprint Backlog* preliminares de cada uno de los bloques se desarrollan a continuación:

<i>Sprint 1</i>
101 Recopilación de la información existente
102 Modelado de los datos topográficos – batimétricos en software BIM
401 Firma de contratos
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 2</i>
201 Investigación preliminar
301 Recopilación de información preliminar
302 Visita al sitio
402 Trámites de acceso al sitio para la realización de inspección de impacto ambiental
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 3</i>
202 Acceso al sitio y habilitación del equipo
203 Visita del especialista
303 Elaboración de MIA
403 Trámites de acceso al sitio para la realización de estudio geotécnico
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
405 Trámites de salida del equipo de impacto ambiental del sitio de los trabajos.
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 4</i>
204 Sondeos en agua
205 Sondeos en tierra
303 Elaboración de MIA
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
407 Trámites de salida del equipo de geotecnia
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 5</i>
204 Sondeos en agua
205 Sondeos en tierra
304 Incorporación de medidas de mitigación al modelo BIM
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 6</i>
204 Sondeos en agua
207 Dictamen técnico
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 7</i>
204 Sondeos en agua
206 Pruebas de laboratorio

207 Dictamen técnico
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 8</i>
204 Sondeos en agua
206 Pruebas de laboratorio
207 Dictamen técnico
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
406 Trámites de salida del equipo de geotecnia
407 Trámites de salida del equipo de geotecnia
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

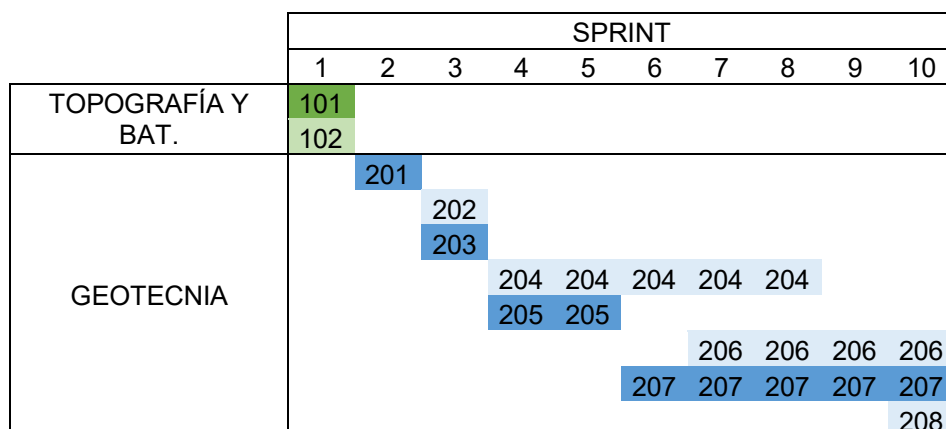
<i>Sprint 9</i>
206 Pruebas de laboratorio
207 Dictamen técnico
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

<i>Sprint 10</i>
206 Pruebas de laboratorio
207 Dictamen técnico
208 Modelado de estratigrafía en el modelo BIM
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
407 Trámites de salida del equipo de geotecnia
Entrega final

Para finalizar esta sección, se agrega la recomendación de que dentro de las tareas se añadirán juntas cuando sea necesario revisar situaciones emergentes que requieran ser resueltas sobre la marcha.

### ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO PARA EL SEGUIMIENTO DEL AVANCE Y GESTIÓN DEL DESARROLLO

De la planeación de SCRUM se obtiene el programa de actividades del proceso que puede representarse en un diagrama de Gantt como a continuación se muestra:





I. AMBIENTAL	301																			
	302																			
	303	303																		
			304																	
TRÁMITES	401																			
		402																		
			403																	
		404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404
				405																
															406					
															407					407

## APLICAR EL TABLERO KANBAN EN LA GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se recomienda que el tablero KANBAN sea gestionado de manera semanal, como ejemplo se detalla el correspondiente al *Sprint 4*:

<i>Sprint 4</i>
204 Sondeos en agua
205 Sondeos en tierra
303 Elaboración de MIA
404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP
407 Trámites de salida del equipo de geotecnia
Reunión de retroalimentación del <i>Sprint</i>

### 204 Sondeos en agua

- Requisitos

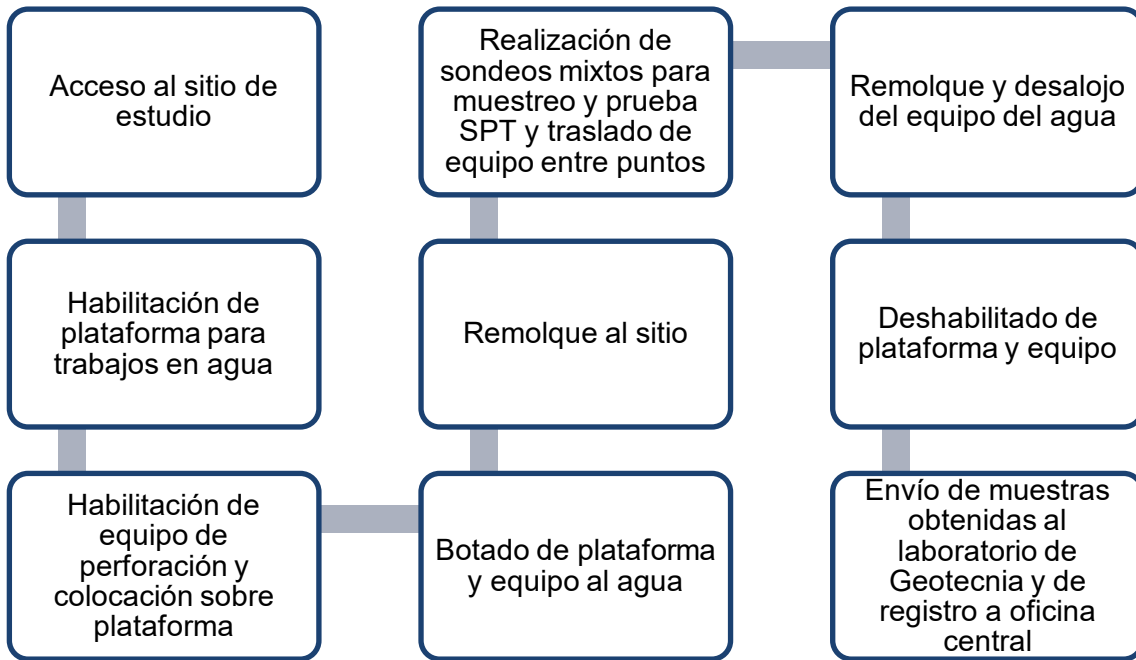
**PERMISOS:** Se requiere que estén vigentes los permisos de acceso y permanencia a la zona de estudio dentro de API Tuxpan.

**MAQUINARIA Y EQUIPO:** para el traslado se requiere de un vehículo de carga para transportar las maquinas y barras de perforación, maquina perforadora, barras y muestreadores, herramienta menor, motoboma, plataforma metálica para el trabajo en agua y lancha o vehículo de remolque marino para el traslado del equipo entre los puntos de exploración.

- Encargados

**MANO DE OBRA:** Brigada de trabajos de campo destinada a la exploración en agua, integrada por un perforista, dos ayudantes y por responsable el supervisor de los trabajos o Supervisor de Exploración Geotécnica. Se requiere también un operador de lancha o vehículo marítimo remolcador para traslado de la plataforma entre puntos.

- Procedimiento



### 205 Sondeos en tierra

- Requisitos

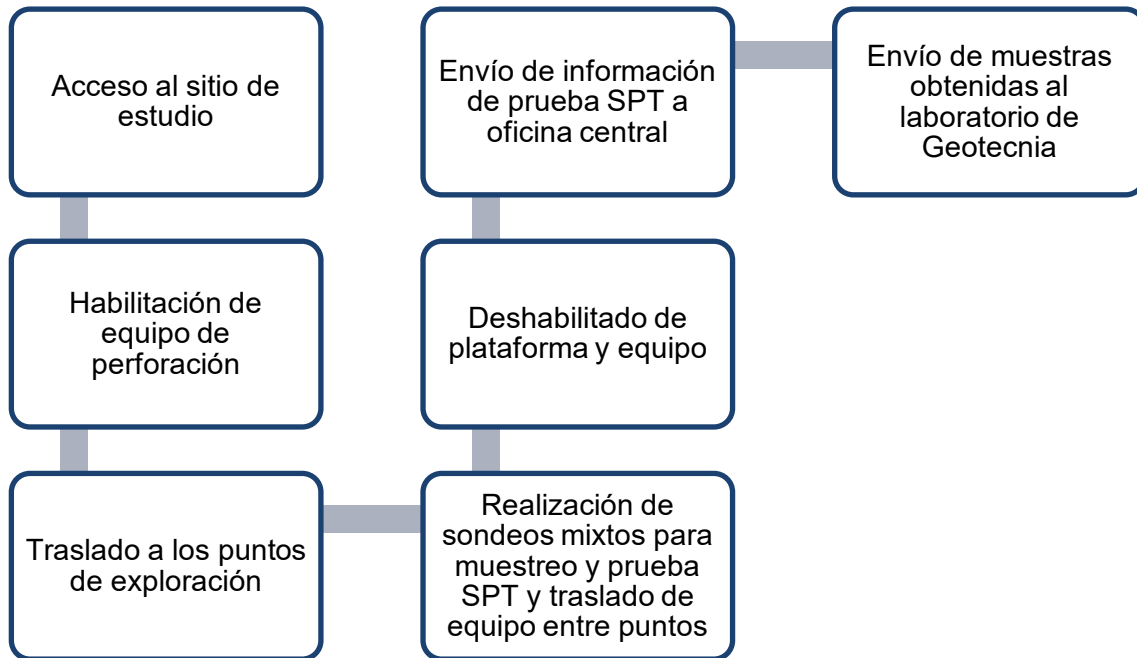
**PERMISOS:** Se requiere que estén vigentes los permisos de acceso y permanencia a la zona de estudio dentro de API Tuxpan.

**MAQUINARIA Y EQUIPO:** vehículo de carga para transportar las maquinas y barras de perforación, maquina perforadora, barras y muestreadores, herramienta menor y motobomba.

- Encargados

Brigada de trabajos de campo destinada a la exploración en tierra, integrada por un perforista, dos ayudantes y por responsable el supervisor de los trabajos o Supervisor de Exploración Geotécnica.

- Procedimiento



### 303 Elaboración de MIA

- Requisitos

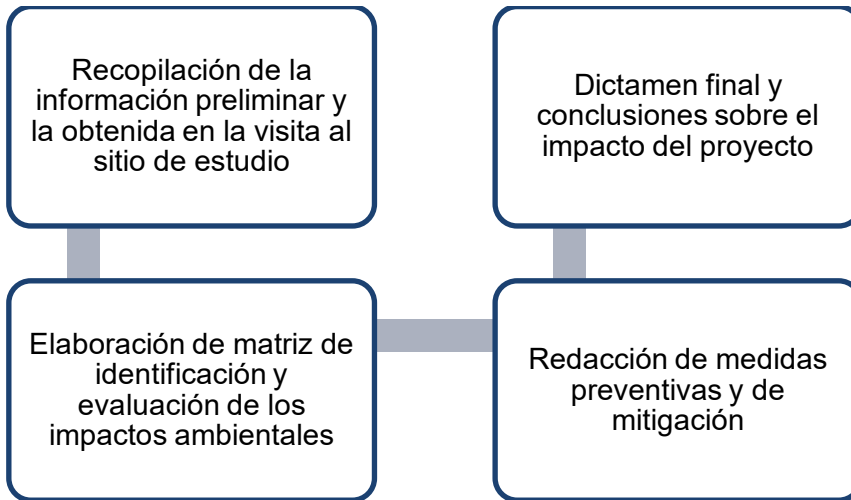
ACTIVIDADES PREVIAS: Se requiere que se haya llevado a cabo la inspección de impacto ambiental o visita al sitio de estudio.

Además, es necesario que se haya hecho la recopilación de información preliminar sobre el sitio, en este caso los datos del levantamiento topográfico.

- Encargados

Equipo de ingeniería ambiental.

- Procedimiento



#### 404 Reportes del desarrollo de los trabajos en la BESOP

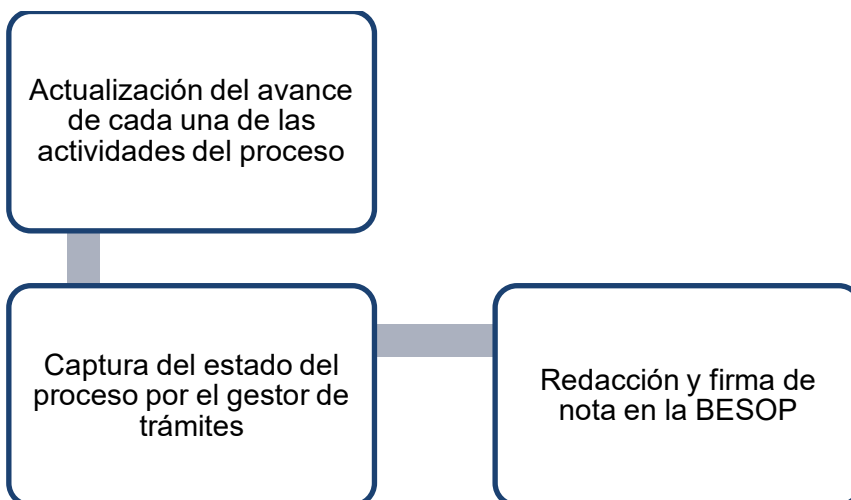
- Requisitos

Se requiere que el tablero KANBAN esté actualizado en todo momento para poder extraer la información del avance del proyecto en cualquier momento tomar una fotografía del estado actual del proceso.

- Encargados

El gestor de trámites es el asignado de generar los reportes en la plataforma correspondiente, sin embargo, cada uno de las especialidades técnicas debe mantener informado a través del tablero el avance en las tareas: las que aún no se realizan en el *Sprint* actual, las que se están desarrollando y las que ya fueren realizadas.

- Procedimiento



#### 407 Trámites de salida del equipo de geotecnia

- Requisitos

Se requiere identificar y recopilar la documentación requerida por API Tuxpan para que la maquinaria, equipo y personal geotécnico puedan desalojar las instalaciones.

- Encargados

Gestor de trámites

- Procedimiento

El indicado por API Tuxpan.

#### Reunión de retroalimentación del Sprint

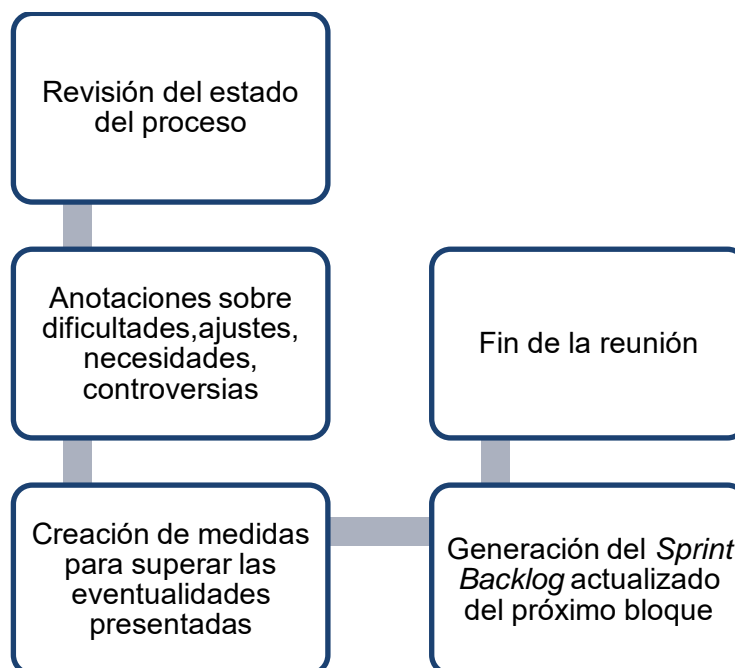
- Requisitos

Es necesario que se realice al finalizar la semana de actividades, se debe tener a la mano los modelos generados para poder llevar a cabo la retroalimentación del proceso.

- Encargados

Todos los integrantes del equipo, encabezados por el gerente de proyectos.

- Procedimiento



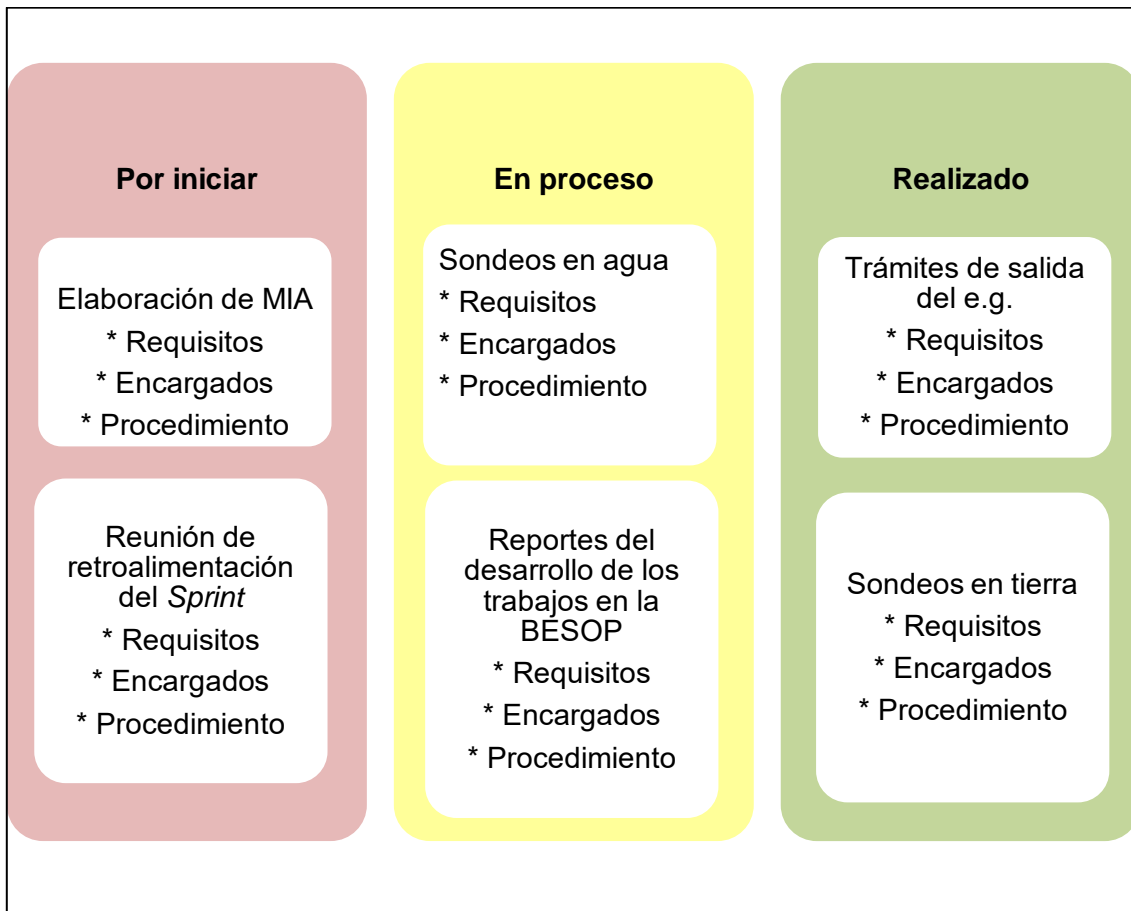


Figura 45. Tablero KANBAN correspondiente al Sprint 4

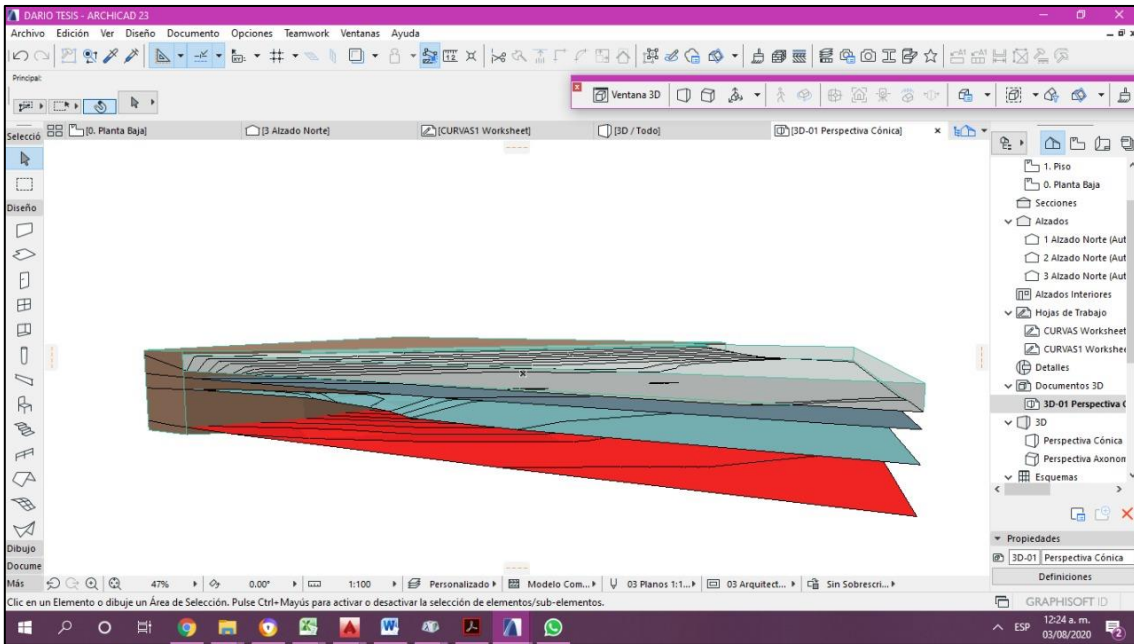
## GENERAR EL MODELO BIM DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LOS ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO DE MUELLES

El modelo BIM a nivel de estudios básicos para el Muelle Granelero 3 incluiría los datos de la topografía – batimetría y la estratigrafía obtenida a través del estudio geotécnico.

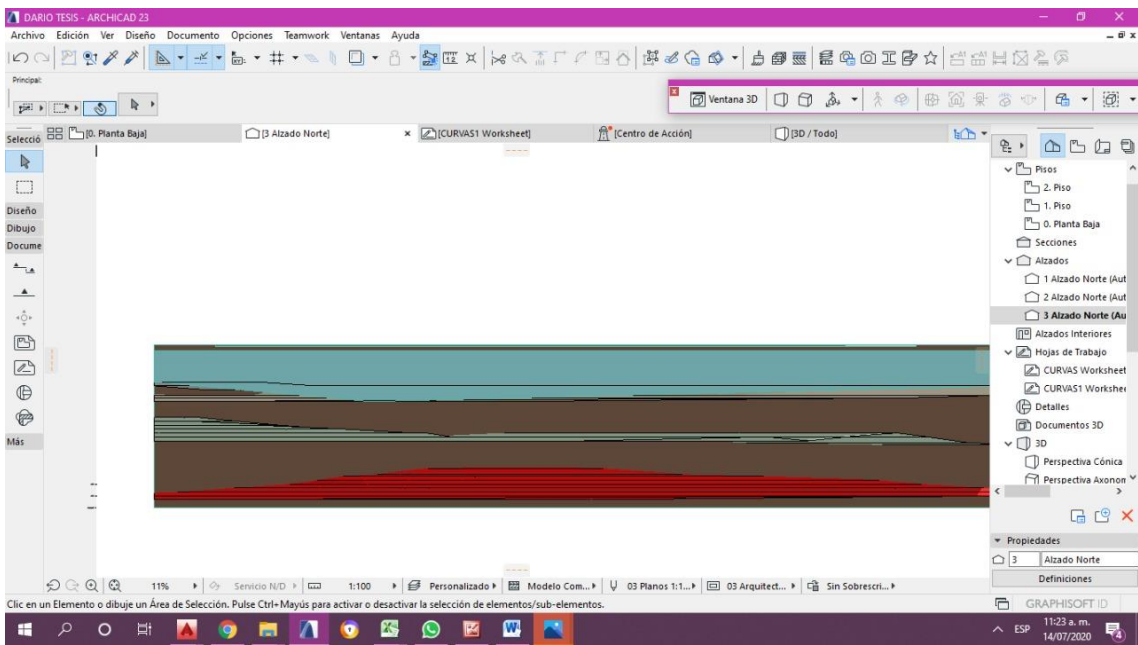
El primer paso implica el modelado de la superficie topográfica usando la nube de puntos obtenida en el levantamiento usando software BIM, en el modelo generado para este trabajo se hizo uso de ArchiCAD.

A continuación, se realiza el modelado de los estratos geotécnicos, es importante ubicar la posición exacta de los sondeos, poniendo especial atención en destacar el estrato resistente detectado por los especialistas, puesto que es en este estrato en el que se ha de apoyar la cimentación.

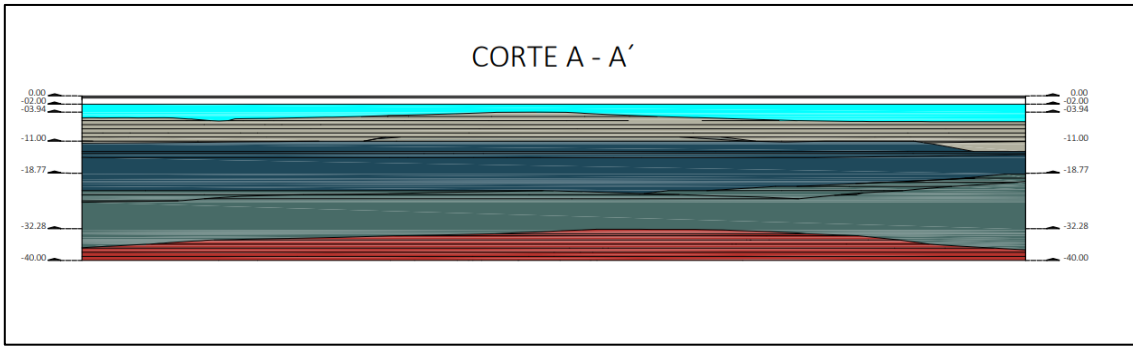
En las figuras que se muestran a continuación se observa el modelo BIM generado con los datos que se obtuvieron en los estudios y también perfiles transversales y longitudinales.



**Figura 46. Modelado de topografía-batimetría y de información geotécnica.**



**Figura 47. Generación de perfil estratigráfico en una sección definida del modelo.**



**Figura 48. Perfil correspondiente a uno de los cortes del modelo BIM.**

Con este modelo es más fácil tomar decisiones sobre la profundidad de la cimentación y esto facilita el dimensionamiento de los elementos, así como la cuantificación para la elaboración del programa y presupuesto de obra.

Finalmente, es posible insertar el modelo estructural del muelle, así como los diversos sistemas que involucra para completar el proyecto ejecutivo y poder generar posteriormente las vistas y detalles que se requieran como documentación para la ejecución de la obra,

### 5.3 COMPARACION CUALITATIVA DE LA ESTRATEGIA CON EL PROCEDIMIENTO TRADICIONAL

RUBRO A EVALUAR	PROCEDIMIENTO TRADICIONAL	ESTRATEGIA PROPUESTA
Integración de la información	La integración se dificulta porque cada especialista aporta datos en formatos que no necesariamente son compatibles.	Trabajar bajo un esquema basado en SCRUM y con la implementación del modelo BIM, permite que la información esté integrada en un solo repositorio, sin interferencias entre sistemas y que esté completa y sea adecuada.
Flujo de la información durante el proceso	Como el esquema de trabajo tradicional es "en cascada", la información se comparte generalmente al final del proceso, en la entrega de los reportes de cada especialidad. Hay poco intercambio de datos entre los equipos técnicos en el desarrollo del proceso, generalmente son datos puntuales y pocas veces preliminares de entregables.	La información es vertida sobre el modelo BIM, y la información no gráfica se comparte con los especialistas que lo necesitan en el momento que se genera, con el fin de dar mayor velocidad a la realización del proceso y evitar pausas.



Comunicación	La comunicación entre los especialistas se hace a través del coordinador, pocas veces se hace de manera directa. Si surge alguna observación o duda sobre el reporte presentado por alguno de los especialistas, la aclaración se hace al finalizar el proceso.	Se propicia entre todos los involucrados la comunicación durante el proyecto y al final de los bloques o <i>sprints</i> para notificar problemas, requerimientos, hacer ajustes sobre la marcha y compartir información útil. La transparencia es el valor clave de la estrategia.
Reporte de avances	Se dedica tiempo en crear la documentación para reportar avances, y por lo regular, es difícil conocer el avance en cualquier momento.	Debido a la implementación de KANBAN, es posible conocer en tiempo real el avance del proyecto. Además es posible generar documentos para el reporte como informes o bitácoras si se requiere.
Desempeño de los coordinadores . o encargados de la gerencia de proyectos	Los encargados de la gerencia del proyecto no necesariamente son expertos en el desarrollo de proyectos de obras marítimas, incluso, algunos especialistas de otras áreas (económicas, administrativas o sociales) se han desempeñado como coordinadores del proyecto, a pesar de que conocen y tienen experiencia en la dirección de proyectos, carecen de los conocimientos técnicos necesarios.  Ocurre, además, que cuando los coordinadores son expertos técnicos, a menos que sean muy experimentados, carecen de habilidades para la dirección de proyectos.	La propuesta del perfil de gerente de proyectos permite segmentar a los profesionales de manera que los encargados de dirigir al proyecto conozcan ampliamente el desarrollo de proyectos de obras marítimas y además tengan habilidades, conocimientos y experiencia en la dirección de proyectos.
Trabajo en equipo	Predomina el individualismo, los especialistas involucrados trabajan como satélites del coordinador o estructurista.	Se requiere de la participación y el trabajo colaborativo de todas las especialidades involucradas para crear con agilidad el reporte y modelo con la información obtenida en los estudios básicos,
Gestión de trámites	Los trámites son gestionados de manera deficiente. Al estar mayormente enfocados en las especialidades técnicas, los involucrados suelen presentar dificultades para gestionar los	La gestión de trámites es efectuada por un experto en la materia que diagnostica las actividades a realizar, dirige la tramitología del proceso, notifica y acompaña a los

	trámites y esto genera dificultades y retrasos.	especialistas en la realización de los trámites necesarios, esto eleva la productividad de los equipos técnicos y permite que las actividades fluyan sin pausas.
Funciones de gerencia	Generalmente las funciones de la gerencia de proyectos se limitan a coordinar a un conjunto de equipos de ingeniería que trabajan individualmente dentro del proceso y que comparten información entre ellos con poca frecuencia durante el proceso, generalmente la información se comparte al final y a veces esto bloquea la posibilidad de integrar la información.	A través de esta estrategia, las funciones de la gerencia durante la etapa de estudios básicos cobran relevancia, se pasa a un esquema colaborativo, el proceso es más ágil y eficiente.

## REFERENCIAS DEL CAPÍTULO

Zanela, Luis Alberto, (2016), TUXPAN PROYECTA CONSTRUCCIÓN DE SU MUELLE TRES, obtenido el 15 de junio de 2020 de <http://t21.com.mx/maritimo/2016/08/12/tuxpan-proyectaconstruccion-su-muelle-tres>

## CONCLUSIONES

---

Se cumplió el objetivo principal de la tesis, se diseñó la estrategia de gerencia de proyectos para la mejora de la problemática detectada en el proceso de realización de los estudios básicos para el proyecto de construcción de muelles, además se verificó la hipótesis inicial puesto que los aspectos que con las acciones propuestas se mejora:

- La integración de la información generada en los estudios.
- El flujo de información durante el proceso.
- La comunicación dentro del equipo.
- El reporte de avances.

Se segmenta de mejor manera a los encargados de la gerencia de proyectos de modo que puedan desempeñarse de mejor manera en proyectos de este tipo, el trabajo en equipo y la gestión de trámites.

A través de esta estrategia, las funciones de la gerencia durante la etapa de estudios básicos cobran relevancia, la gerencia va más allá de una simple coordinación, se salta de un esquema de trabajo individualista y satelital a uno colaborativo e integrado, además, el proceso es más ágil con ayuda de los modelos generados y las recomendaciones sobre el perfil del gerente y los alcances mínimos de los estudios contribuyen a que exista mayor eficiencia y eficacia.

En suma, las acciones estratégicas diseñadas permiten que los datos obtenidos en las investigaciones de ingeniería básica estén completas, se realicen correctamente, sean adecuadas, suficientes y estén integradas, esto contribuye directamente a erradicar el problema macro detectado al comienzo de esta investigación, pues al tener desarrollo suficiente de los estudios básicos (y en consecuencia del proyecto ejecutivo), se evitan los incrementos en costo y tiempo de construcción de muelles.

## ANEXO 1

---

Este anexo corresponde a la recopilación de las entrevistas que se realizaron a distintos profesionales que han trabajado en el desarrollo de proyectos ejecutivos para la construcción de muelles a nivel de planeación y diseño, algunos de ellos son especialistas en las áreas de ingeniería básica que soportan el proyecto.

La encuesta tiene como objetivo hacer un diagnóstico del procedimiento actual para realizar los estudios básicos (geotécnico, batimetría, topografía, manifestación de impacto ambiental, meteorológicos, dinámica litoral, etc.) para el proyecto de muelles en puertos mexicanos para encontrar las causas que dan origen a la insuficiencia de los estudios de ingeniería para desarrollar el proyecto: se busca conocer qué tecnología es la que se está implementando, las dificultades para realizar los trabajos, se pide opinión sobre las posibles causas de la insuficiencia de los estudios y de los proyectos, se cuestiona sobre los procesos que pueden ser mejorados en la realización de las investigaciones y se pregunta sobre el perfil del coordinador de los trabajos.

### EXPERTOS ENCUESTADOS

Nombre	Especialidad
Ing. Luis Ángel Araoz Vega	Hidráulica marina
Ing. Eduardo Saucedo Dueñas	Estructuras marítimas e impacto ambiental
Ing. Óscar Alberto Sifuentes Hernández	Geotecnia
Ing. Sergio Benigno Paredes	Geofísica
Ing. Edson Rogelio Batalla Rivera	Estructuras marítimas y presupuestos
Ing. Antonio Sifuentes Valles	Geotecnia
Ing. Héctor López Gutiérrez	Obras marítimas y coordinación de proyectos

### ENCUESTA

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?
2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.
  - Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
  - Drones, geolocalizadores GPS
  - Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo
  - Software para el trabajo colaborativo en oficina
  - Software CAD
  - Tecnología BIM
  - Metodologías de gestión de proyectos
  - Otras, especifique:

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:
4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?
5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?
6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.
  - Definición de los alcances de los estudios.
  - Planeación de las actividades, personal y recursos.
  - Elaboración del programa.
  - Comunicación en el equipo y flujo de información.
  - Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
  - Reporte de avances.
  - Integración de los datos obtenidos.
  - Coordinación de los trabajos.
  - Otro, especifique:
7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

### **ENCUESTA 1: Ing. Luis Ángel Araoz Vega**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

#### *Análisis de resultados*

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
- Drones, geolocalizadores GPS
- Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD
- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique:

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

*No he realizado ningún estudio en campo, y para los que se pueden hacer en gabinete, la falta de datos genera conflictos constantes, así como la información no actualizada o que no tiene veracidad.*

4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

*La calidad en los instrumentos, la premura por realizarlos y sobre todo el número tan limitado de muestreos que se realizan.*

*Un ejemplo claro se observa en el proceso de hincado (tratando de la cimentación con pilotes en muelles), el número de lugares donde se muestran los perfiles estratigráficos obtenidos en los estudios son insuficientes, lo mismo ocurre con el proceso de dragado. Los estudios de corrientes y de agitación dentro del puerto son dos ejemplos más de la falta de calidad en muchos casos y de tiempo para realizar los estudios correctamente.*

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

*Por falta de presupuesto, se escatima de manera constante en las diferentes pruebas que sustentan los estudios que soportaran los proyectos, aunado a la planeación insuficiente con el tiempo adecuado. La premura por comenzar a construir genera que no haya un enlace correcto entre el proyecto y la construcción, pues se omiten aspectos importantes que no se pueden visualizar durante el proyecto ejecutivo, y que en el proceso constructivo saltan a la vista, teniendo como consecuencia un impacto negativo al ejecutar la obra.*

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.
- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique: *Involucrar a personal con amplia experiencia en construcción de obra marítima, en particular muelles, o al menos dedicado a la ejecución de proyectos (especialistas en procesos constructivos).*

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

*Hidráulica experimental enfocado a hidráulica marítima, cuya experiencia desemboque en modelos físicos, aunado a una experiencia en construcción de muelles.*

## **ENCUESTA 2: Ing. Eduardo Saucedo Dueñas**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

*Coordinador de estudios, Encargado de manifestaciones de impacto ambiental.*

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
- Drones, geocalizadores GPS
- Software para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD
- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique:

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

*Problemas con la agilidad de los trámites.*

4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

*Términos de referencia mal planteados,*

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

*Presupuesto insuficiente, plazos reducidos para la elaboración de los trabajos, estudios insuficientes o inadecuados, falta de experiencia del coordinador del proyecto.*

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.
- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique:

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

*Conocimiento técnico avanzado en las especialidades involucradas, habilidades de coordinación y comunicación.*

### **ENCUESTA 3: Ing. Óscar Alberto Sifuentes Hernández**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

*Laboralista de mecánica de suelos, ingeniero especialista de mecánica de suelos y supervisor de sondeos geotécnicos.*

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
- Drones, geolocalizadores GPS
- Software para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD
- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique:

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

*Dificultades relacionadas con los trámites de ingreso a las API, condiciones meteorológicas desfavorables, falta de información preliminar.*



4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

- *Presupuesto insuficiente.*
- *Plazos reducidos para la realización de los estudios y el proyecto.*
- *Falta de conocimiento de los alcances de los estudios básicos por los tomadores de decisiones.*
- *Mala integración de los estudios al proyecto ejecutivo.*
- *Falta de experiencia de los equipos de trabajo involucrados.*

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

*Porque el presupuesto disponible es reducido, porque los equipos que lo elaboran no tienen la suficiente experiencia o capacidad técnica, porque no es revisada la calidad de los proyectos por parte de las dependencias o porque es deficiente la dirección del proyecto.*

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.
- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique: *Reducir los procesos dobles*

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

*Ingeniero especializado en obras marítimas con conocimientos de construcción y de las áreas de ingeniería involucradas, con habilidades de gestión de proyectos, organización, liderazgo y comunicación asertiva.*

#### **ENCUESTA 4: Ing. Sergio Benigno Paredes**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

*Se ha participado desde la planeación del tipo de estudios a realizar, pasando por la ejecución, e integración de los resultados (en este caso geofísicos y geológicos) a todo un proyecto interdisciplinario de obras portuarias.*

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado (Especializado) para levantamiento de datos en campo
- Drones, geolocalizadores GPS
- Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD
- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique: *En el caso de la exploración geofísica somera en el mar (no más de 20m de tirante), nos ha tocado desarrollar métodos y dispositivos para la ejecución de estudios como la sísmica de reflexión marina. Desde el equipo, procesamiento de la información, y adecuación de instrumentos para su ejecución.*

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

*La mayoría de las veces es la planeación y ejecución de los métodos de exploración adecuados para cada proyecto.*

*En otras la información previa que se tiene es muy escasa, deficiente y/o inexistente, lo cual lleva a muchas suposiciones, que no siempre son las más correctas por la falta de información.*

*El capital con el que se cuenta para estudios, ya que muchas veces es limitado, casi siempre se dice hay que hacer más estudios complementarios, y así se va el estudio terminado en esa fase. Y finalmente muchas veces se llegan a realizar los proyectos con esta información que fue insuficiente, acarreando problemas importantes en la ejecución de la obra.*

4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

*Normalmente es la falta de visión del problema que se tiene enfrente por parte de quien lleva a cabo la planeación general, pero va de la mano de los recursos económicos y algunas veces técnicos limitados que se tiene en dichos proyectos.*

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

*Por la falta de información verídica (implica la realización óptima de estudios previos de las diversas especialidades), y experiencia del que planea y coordina, así como también muchas veces de quien ejecuta los estudios.*

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.
- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique:

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

*El perfil de quien lleva a cabo la planeación y coordinación de estudios debe de ser de un profesional (Ing. Civil con especialidad en obras marítimas), con muchos años de experiencia (por lo menos unos 25 años tanto en el país como en el extranjero), y un amplio conocimiento de las diferentes técnicas de exploración en el mar y tierra. Así como contar con un equipo asesor externo perfectamente capacitado para que se pueda tener una amplia visión de los retos de la ingeniería. Saber reconocer sus limitaciones y para ello sirve el equipo asesor externo.*

#### **ENCUESTA 5: Ing. Edson Rogelio Batalla Rivera**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

*Director de Proyecto  
Estructurista en Muelles  
Especialista en proyectos marítimos*

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
- Drones, geolocalizadores GPS
- Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD

- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique: Software Staad.Pro

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

*La Geografía del sitio ya que como se sabe, todos proyectos de los muelles se ubican en zonas mar adentro y en algunos casos es mar abierto, esto dificulta los estudios en sitio por la marejada, el oleaje o la presencia de corrientes submarinas.*

*La operación de embarcaciones durante el atraque y el manejo de carga y descarga: Ya que en algunas ocasiones los estudios se tienen que realizar en zonas donde existe infraestructura portuaria y operación de embarcaciones y muchas veces hay que, estar en coordinación con el encargado de las operaciones del puerto para no obstaculizar la operación.*

*Las condiciones climatológicas, existen zonas portuarias donde al presentarse vientos fuertes como norte, frentes fríos, etc., no se pueden realizar los estudios y hay que esperar hasta que el clima lo permita.*

*La falta de maquinaria o equipos en el sitio de estudio, ya que en algunas ocasiones los sitios de proyecto se ubican en zonas de difícil acceso y cuentan con poca infraestructura.*

4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

*Deficiente Planeación*

*El NO recurrir a especialistas de medio marítimo para ejecutar los estudios*

*La poca inversión a los Estudios y Proyecto Ejecutivo*

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

*Por la falta de presupuesto y lo poca inversión hacia los estudios y el proyecto ejecutivo.*

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.

- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique:

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

*Especialista en Proyectos Marítimos*

*Áreas de conocimiento:*

*Leyes y normatividad vigente (SCT Puertos, CFE, PIANC, etc.)*

*Geotécnica*

*Oceanografía*

*Ambiental*

*Batimetrías*

*Topografía*

*Diseño Estructural de Muelles*

*Operación Portuaria*

*Procedimientos Constructivos de Muelles*

*Sistemas Constructivos de Muelles*

*Experiencia Mínimo 10 años*

*Haber participado o realizado mínimo 30 Proyectos Ejecutivos de Muelles*

*Nota: Es importante especificar el tipo de Proyecto Ejecutivo a realizar, en este caso sería Proyectos Ejecutivos de Muelles*

#### **ENCUESTA 6: Ing. Antonio Sifuentes Valles**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

Participación como ingeniero geotecnista en proyectos de obras marítimas.

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
- Drones, geolocalizadores GPS
- Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD
- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique:

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

- Falta de interés de la capitanía de puerto de colaborar con la dependencia, organismo o empresa que está a cargo de la realización de los trabajos.
  - Limitantes para las maniobras de exploración por corrientes y oleajes intensos en zonas desprotegidas.
  - Retrasos que impiden el cumplimiento del programa ocasionados por fenómenos meteorológicos.
4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

El presupuesto para llevar a cabo estos estudios es limitado, sucede también que los términos de referencia se redactan con desconocimiento técnico y no se solicitan con el alcance necesario a los especialistas. Otra razón es que el tiempo para la realización es reducido en comparación con el requerido para hacer una campaña completa de estudios de ingeniería básica.

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

Por falta de información preliminar, por tiempos apresurados para la elaboración y por falta de conocimiento de las empresas que lo realizan y de los que autorizan.

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.
- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique:

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

Sin ser especialista, el gerente de proyectos debe conocer el trabajo de cada una de las áreas involucradas, es deseable que sea experto en proyectos de obras marítimas.

Además, debe estar encargado de realizar las siguientes tareas:

- Proveer a los especialistas de información suficiente para el desarrollo de cada uno de los estudios,

- Integrar un programa y presupuesto presentado al cliente integrado a través de la retroalimentación de todos los especialistas involucrados.
- Integrar la información obtenida en las distintas investigaciones con el fin de armar un adecuado proyecto.

### **ENCUESTA 7: Ing. Héctor López Gutiérrez**

1. ¿Qué función ha desempeñado usted en el proceso de realización de estudios básicos?

Participación en la realización del proyecto ejecutivo, redacción de términos de referencia para diversas convocatorias, coordinador general de proyectos y en el ámbito administrativo gubernamental como Coordinador General de Puertos y Marina Mercante,

2. ¿Cuáles de las herramientas tecnológicas que se enlistan a continuación ha usado durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto ejecutivo? Subraye las que apliquen.

- Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo
- Drones, geolocalizadores GPS
- Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo
- Software para el trabajo colaborativo en oficina
- Software CAD
- Tecnología BIM
- Metodologías de gestión de proyectos
- Otras, especifique:

3. Mencione las dificultades que haya visto en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas:

- Imposibilidad de cumplir con el programa de trabajos por la presencia de fenómenos meteorológicos
- Inexperiencia del coordinador o de los especialistas en la realización de estudios para dragado.
- Dificultades por trámites excesivos requeridos por las autoridades portuarias.

4. ¿Cuáles considera que son las causas de que en algunos casos los estudios básicos son insuficientes para desarrollar un proyecto de muelles?

El monto disponible para la realización de los estudios es reducido, los alcances de los estudios no están correctamente definidos en los términos de referencia, falta de experiencia de las empresas contratadas.

5. ¿Por qué en ocasiones los proyectos ejecutivos no son desarrollados adecuadamente o se llevan a cabo de manera insuficiente?

Por el tiempo reducido que se da para elaborarlos, los bajos montos que se destinan al diseño y planeación y porque no se revisa que los proyectos estén completos en las dependencias.

6. Subraye los procesos que considera que deben ser mejorados en los equipos de trabajo que desarrollan estudios básicos para el proyecto de muelles.

- Definición de los alcances de los estudios.
- Planeación de las actividades, personal y recursos.
- Elaboración del programa.
- Comunicación en el equipo y flujo de información.
- Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.
- Reporte de avances.
- Integración de los datos obtenidos.
- Coordinación de los trabajos.
- Otro, especifique:

7. ¿Cuál debe ser el perfil de la persona que coordina la realización de los estudios básicos?

Conocimientos amplios sobre el proyecto de la obra marítima, conocimientos generales de las áreas involucradas, liderazgo y capacidad para conciliar y organizar.

Además, dentro de este perfil es necesario definir cuáles son las responsabilidades que debe realizar un gerente de proyectos: contactar a los especialistas involucrados, llevar a cabo la planeación de las actividades en colaboración con todos los involucrados, mantener una comunicación con ellos para proveer y recibir información indispensable para el desarrollo de los estudios y finalmente realizar la integración de toda la información.

## ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS

La finalidad de la **primera pregunta** fue conocer el perfil profesional de los entrevistados, aunque de antemano se supo que se trata de profesionistas que han participado en el desarrollo de estudios de ingeniería básica para proyectos de construcción de muelles.

Como se puede ver en la Tabla 28, la mayoría de los entrevistados se ha desempeñado como especialistas de alguna de las áreas técnicas involucradas en el proyecto de muelles, destaca también que casi la mitad ha llevado a cabo la función de coordinador de los estudios. Otras de las funciones que también han desempeñado los encuestados



son: analista de resultados, director de proyecto, supervisor de estudios en campo, consultor experto, administrador gubernamental y diseñador estructurista.

Por tal motivo, las respuestas que se dieron a las preguntas provienen de la práctica y de involucrados directos.

**Tabla 30.**

Función desempeñada por el entrevistado	1	2	3	4	5	6	7
Analista de resultados	█						
Coordinador de los estudios	█	█	█				
Director de proyecto	█						
Especialista	█	█	█	█	█		
Supervisor de estudios en campo	█						
Consultor experto	█						
Administrador gubernamental	█						
Estructurista	█						

La **segunda pregunta** tuvo el objetivo de investigar cuáles son las herramientas tecnológicas que han sido integradas al desarrollo de estudios básicos, se mencionó el uso de equipo automatizado para el levantamiento de información, drones, GPS, software especializado para proceso de datos, software para trabajo colaborativo en oficina y programas CAD.

El dato más importante que se pudo obtener de esta pregunta es que la tecnología BIM aún no se implementa en el medio (se destaca con color rojo en la Tabla 29), y en lo correspondiente a las metodologías de gestión de proyectos, solo una persona considera haberla usado.

**Tabla 31**

Herramientas tecnológicas usadas durante el desarrollo de estudios básicos o en la integración de los mismos al proyecto	1	2	3	4	5	6	7
Equipo automatizado para levantamiento de datos en campo	█	█	█				
Drones, geolocalizadores GPS	█	█	█	█	█	█	
Software especializado para proceso de datos obtenidos en campo	█	█	█				
Software para el trabajo colaborativo en oficina	█	█	█	█	█	█	
Software CAD	█	█	█	█	█	█	
Tecnología BIM							
Metodologías de gestión de proyectos	█						

La **tercera pregunta** buscó conocer las dificultades que se han presentado en la práctica para obtener los datos de ingeniería básica, para detectar posibles causas que limitan el recabar información completa de las especialidades técnicas.

Se obtuvo que las razones que complicaron la realización de los estudios fueron: la falta de información preliminar sobre el sitio (datos no disponibles o información escasa para la programación de una campaña de exploración adecuada), dificultades relacionadas a los trámites administrativos y finalmente a efectos de las condiciones meteorológicas.

**Tabla 32**

Dificultades presentadas en la práctica durante la realización de estudios básicos para proyectos de obras marítimas							
	1	2	3	4	5	6	7
Falta de información preliminar	■						
Trámites administrativos	■						
Condiciones meteorológicas	■						
Planeación y ejecución de métodos de exploración adecuados	■						
Geografía del sitio	■						
Previsión de maquinaria y equipo	■						
Operaciones del puerto	■						
Falta de colaboración de las autoridades	■						
Inexperiencia del grupo de trabajo	■						
Presupuesto reducido	■						

La **cuarta pregunta** tuvo la finalidad de conocer desde la perspectiva de los expertos, cuáles son las causas de que los estudios de ingeniería para el proyecto de muelles sean insuficientes.

La respuesta más frecuente es que el **presupuesto es insuficiente**, otras respuestas destacadas por su frecuencia son:

- Plazos reducidos.
- Mala planeación de los estudios por el coordinador de los estudios o gerente de proyecto.
- Desconocimiento de los alcances de las investigaciones por parte de los tomadores de decisiones.
- Falta de experiencia de quienes realizan los estudios (no se recurre a los especialistas adecuados lo causa que los estudios estén incompletos o sean inadecuados).

**Tabla 33.**

Causas de la insuficiencia de los estudios previos para el proyecto de muelles							
	1	2	3	4	5	6	7
Plazos reducidos	■						
Calidad de los instrumentos	■						
Mala planeación por el coordinador o gerente	■						
Presupuesto insuficiente	■						
Desconocimiento de los alcances por tomadores de decisiones	■						
Estudios mal integrados al proyecto	■						
No recurrir a los especialistas adecuados, falta de experiencia, estudios inadecuados	■						
Recursos técnicos limitados	■						

La **quinta pregunta** buscó conocer las causas de que los proyectos de construcción de muelles se realicen de forma insuficiente, aquellas que tuvieron más menciones se enlistan a continuación:

- Presupuesto reducido para el desarrollo del proyecto.
- Plazos de tiempo reducidos, muy apresurados.
- Falta de experiencia de los equipos de trabajo que desarrollan el proyecto.
- Estudios básicos deficientes (insuficientes, inadecuados o mal integrados al proyecto ejecutivo).
- Falta de experiencia del gerente o coordinador en proyectos de obras marítimas.
- La dependencia no revisa adecuadamente los proyectos.

**Tabla 34.**

Causas del insuficiente desarrollo del proyecto ejecutivo de muelles							
	1	2	3	4	5	6	7
Presupuesto reducido	■						
Mala planeación	■						
Plazos reducidos	■						
Falta de experiencia en los equipos de trabajo	■						
Estudios insuficientes, inadecuados o mal integrados al proyecto	■						
Falta de experiencia del gerente o coordinador del proyecto	■						
Las dependencias no revisan los proyectos	■						

El objetivo de la **sexta pregunta** fue conocer los procesos perfectibles dentro del desarrollo de los estudios básicos, con el fin de hacer una mejora en el procedimiento tradicional, de acuerdo con las respuestas de los especialistas se puede mejorar la comunicación dentro del equipo y el flujo de información entre los especialistas involucrados, la coordinación durante la realización de los trabajos, la definición de los alcances de cada una de las investigaciones previo al inicio en los términos de referencia, la forma en la que se integran los datos obtenidos y la manera de reportar los avances.

**Tabla 35.**

Procesos que se pueden mejorar	1	2	3	4	5	6	7
Definición de los alcances de los estudios.							
Planeación de las actividades, personal y recursos.							
Elaboración del programa.							
Comunicación en el equipo y flujo de información.							
Ejecución de los trabajos en campo para obtener los datos.							
Reporte de avances.							
Integración de los datos obtenidos.							
Coordinación de los trabajos.							
Involucrar a expertos							
Reducir los procesos dobles							

La **séptima** y última pregunta buscó definir el perfil profesional de los encargados de la coordinación de los trabajos o de la gerencia de proyectos. Los aspectos mencionados por todos los encuestados es que debe tener conocimiento básico de todas las áreas técnicas involucradas, el resto de las competencias mencionadas con mayor frecuencia se enlistan a continuación:

- Experiencia en la construcción de obras marítimas.
- Ser especialista en proyectos de obras marítimas,
- Tener habilidades de coordinación y comunicación.
- Contar con habilidades de gestión de proyectos.

Tabla 36.

Perfil profesional que debe cumplir el o los encargados de la gerencia de proyectos	1	2	3	4	5	6	7
Conocimiento de las áreas técnicas involucradas	[Barra azul que cubre las columnas 1 a 7]						
Experiencia en la construcción de obras marítimas	[Barra azul que cubre las columnas 1 a 3]						
Especialista en proyectos marítimos	[Barra azul que cubre las columnas 1 a 3]						
Habilidades de coordinación y comunicación	[Barra azul que cubre las columnas 1 a 4]						
Habilidades de gestión de proyectos	[Barra azul que cubre las columnas 1 a 3]						
Liderazgo	[Barra azul que cubre las columnas 1 a 2]						
Contar con un buen equipo asesor	[Barra azul que cubre la columna 1]						
Conocimientos legales	[Barra azul que cubre la columna 1]						

## CONCLUSIONES DEL ANEXO

Los entrevistados son involucrados directos que laboran en el desarrollo de estudios y que conocen la práctica actual en México, en su mayoría son especialistas de las áreas técnicas del proyecto de muelles e incluso la mitad de ellos ha coordinado la realización de los estudios.

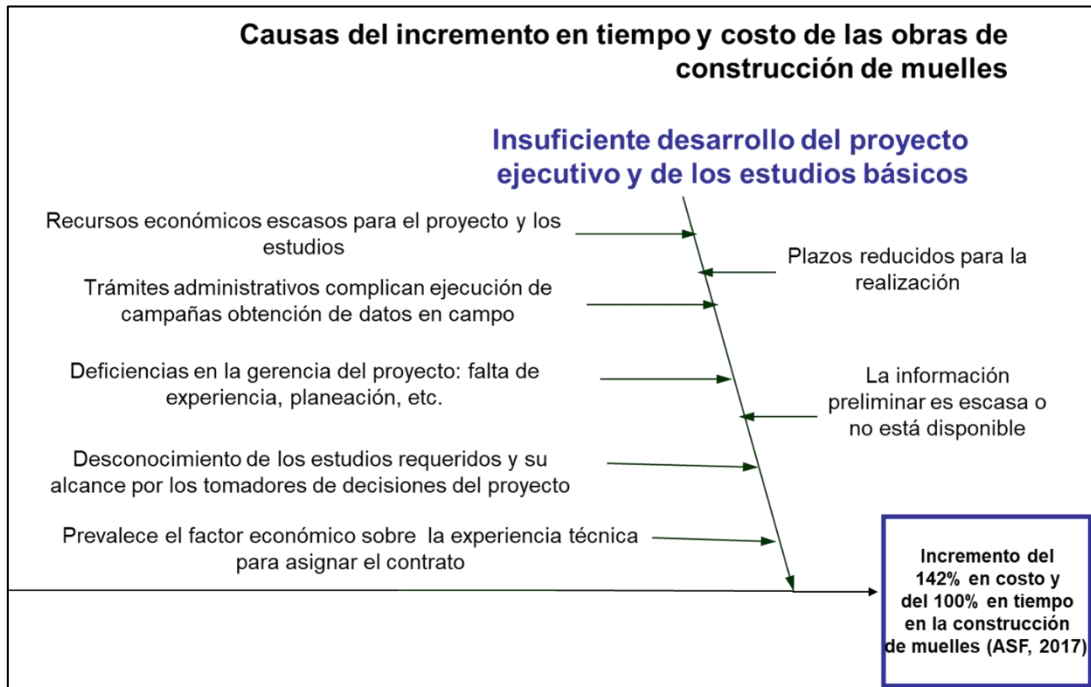
La implementación de tecnología BIM y las metodologías de gestión de proyectos representan una gran área de oportunidad en el desarrollo de estudios básicos para el proyecto de muelles puesto que los especialistas reportaron no haberlas usado en el proceso de realización.

Las preguntas 3, 4 y 5 sirvieron para encontrar las causas del insuficiente desarrollo del proyecto ejecutivo y de los estudios básicos:

- Sobre las **dificultades de realizar los estudios en campo están la falta de información preliminar sobre el sitio** (implica que no hay datos disponibles o la información es escasa para la programación de una campaña de exploración adecuada). Por otro lado, **la complicación de trámites administrativos** fue otra de las dificultades detectadas.
- En cuanto a las causas de la insuficiencia de los estudios básicos, se detectaron: **presupuesto insuficiente, plazos reducidos, mala planeación por la gerencia de proyecto, desconocimiento de los alcances por quienes toma las decisiones y falta de experiencia de quienes los realizan.**
- Como **causas de insuficiencia en los proyectos de construcción de muelles** se reconocieron las siguientes: **presupuesto reducido para el desarrollo del proyecto, plazos reducidos, falta de experiencia de los equipos de trabajo y del coordinador del proyecto, estudios básicos deficientes y que la**

**dependencia no revisa adecuadamente los proyectos antes de ser ejecutados**

Algunas de las causas de insuficiencia para estudios y proyecto resultaron coincidir o estar ligadas, para concluir sobre este tema, en la Figura 49 se muestra el diagrama de Ishikawa en el que se presentan las causas de esta rama del Diagrama de Ishikawa de la Problemática Global que se presenta en el Capítulo 1, el cuál es sustento del rumbo de la estrategia y se usa como respaldo en desarrollo de la tesis.



**Figura 49.**

Los **procesos perfectibles** dentro del desarrollo de los estudios básicos mencionados fueron: **la comunicación y el flujo de información, la coordinación de los trabajos, la definición de los alcances en los términos de referencia, la integración de los datos obtenidos y el reporte de avances.**

Sobre el **perfil profesional de la gerencia de proyectos**, los expertos respondieron que el encargado debe tener **conocimiento básico de todas las áreas técnicas involucradas, experiencia en la construcción y desarrollo de proyecto de obras marítimas y tener habilidades de coordinación, comunicación y gestión de proyectos**