



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y  
GEODÉSICA**

**“Control horizontal y vertical  
de un tendido de tubería submarina con lastre  
de la plataforma futura ELM-2 hacia la plataforma Xikin-B  
en la sonda de Campeche, México”**

***TESIS***

Presentada para obtener el grado de:

**Ingeniero Topógrafo y Geodesta**

Presenta:

**Hervin Gerardo Romero Meneses**

Asesor de tesis:

**Mtro. Máximo Ávila Cruz**

Heroica Puebla de Zaragoza Mayo 2022

# Índice

Índice .....	I
Índice de imágenes .....	IV
Definiciones.....	1
Objetivos .....	4
Planteamiento del problema .....	4
Hipótesis .....	4
Antecedentes .....	5
Bases teóricas .....	6
Bases legales.....	7
Normas del proyecto .....	7
Notas generales del proyecto .....	8
Introducción.....	8
CAPÍTULO 1. Equipos de posicionamiento.....	10
1.1 Equipo a emplear.....	10
1.2 Medidas de prevención previas a actividades .....	10
1.3 GPS con estación de referencia.....	11
1.4 DGPS .....	14
1.4.1 DGPS C-NAV .....	15
1.4.2 DGPS VERIPOS LD3.....	18
1.4.3 DGPS VERIPOS LD5.....	20
1.5 Formato RTCM.....	20
1.6 Girocompás electromagnético.....	21
1.6 .1 Girocompás CRESCENT VS100.....	21
1.7 Girocompass electrónico.....	23

1.7.1 Girocompás Meridian surveyor (teledyne TSS Meridian surveyor) .....	24
1.8 Software QINSY (programa de navegación).....	25
CAPÍTULO 2. Sentencia NMEA, electrónica e instalación.....	28
2.1 No break y UPS.....	28
2.2 Acondicionador de voltaje .....	29
2.3 Relevadores de voltaje .....	30
2.4 Multipuertos DB9 (interfaces) .....	31
2.5 Videospliter y videoextender .....	32
2.6 Protocolo de transmisión de datos RS-232, RS-422, RS-485.....	33
2.7 Conector DB9, DB25 y cable coaxial .....	36
2.8 DVI, VGA y corriente alterna e interna.....	39
2.9 Sentencia NMEA, aplicaciones e instalaciones .....	42
CAPÍTULO 3. Software QINSY .....	50
3.1 Resumen WGS84, proyección UTM .....	50
3.2 Introducción primera estación, inicio de stinger y touch down point (TDP) .....	53
3.2.1 Primera estación .....	54
3.2.2 Sistemas, equipos y estaciones.....	55
3.2.3 Ancla de muerteo .....	59
3.2.4 Recuperación de línea .....	60
3.3 Stinger .....	61
3.4 Touch down point.....	62
3.5 Ingeniería.....	63
3.6 Preparación e instalación de equipo de posicionamiento .....	67
3.6.1 Diagramas de instalación del equipo .....	68
3.6.2 Configuración de sistemas .....	69
CAPÍTULO 4. Etapa del tendido de tubería.....	75

4.1 Actividades del tendido.....	75
4.2 Usos de la curva simple.....	78
4.3 Barge track .....	81
4.4 Control vertical.....	83
4.5 Últimas juntas.....	87
4.6 Registro .....	89
4.7 Síntesis del proyecto .....	91
Conclusiones .....	98
Bibliografía.....	99

## Índice de imágenes

(material proporcionado por Ing. Oswaldo Romero)

IMAGEN 1. COMPLEJO CANTERELL .....	5
IMAGEN 2. RECEPTOR GNSS C-NAV5000 .....	17
IMAGEN 2. COMBINADOR C-NAV.....	18
IMAGEN 3. ANTENA GNSS C -NAV289.....	18
IMAGEN 4. RECEPTOR GNSS VERIPOS LD3 .....	19
IMAGEN 5. GIROCOMPAS CRESCENT VS100.....	23
IMAGEN 6.GIROCOMPAS MERIDIAN SURVEYOR.....	25
IMAGEN 7. DISPOSITIVO NO BREAK.....	28
IMAGEN 8. FUNCIONAMIENTO DISPOSITIVO NO BREAK .....	29
IMAGEN 9. ACONDICIONADOR DE VOLTAJE .....	30
IMAGEN 10. RELEVADOR DE VOLTAJE.....	31
IMAGEN 11. MULTIPUERTO DB9.....	342
IMAGEN 12. DIAGRAMA COMPONENTE VIDEOSPLITER.....	32
IMAGEN 13. DIAGRAMA COMPONENTE VIDEOXTENDER .....	33
IMAGEN 14.ESQUEMA PROTOCOLO RS232. ....	34
IMAGEN 15. TABLA DE VALORES DE LOS PINES PARA RS232.....	35
IMAGEN 16. ESQUEMA RS-422 Y VALORES DE LOS PINES.....	36
IMAGEN 17. ESQUEMA RS-485 Y VALORES DE LOS PINES.....	37
IMAGEN 18. CONECTOR DB9 .....	37
IMAGEN 19. CONECTOR DB25 Y VALORES DE LOS PINES .....	38
IMAGEN 20. CABLE COAXIAL .....	38
IMAGEN 21. CONECTOR DVI.....	39
IMAGEN 22. CONECTOR VGA .....	40
IMAGEN 23.TABLA COMPARACION CORRIENTE ALTERNA Y DIRECTA.....	42

IMAGEN 24.TABLA SENTENCIAS NMEA.....	43
IMAGEN 25.DIAGRAMA DE COLOCACION DE DISPOSITIVOS PARA GPS .....	46
IMAGEN 26. DIAGRAMA DE COLOCACION DE DISPOSITIVOS PARA GIROCOMPAS.....	47
IMAGEN 27.PLANO EJE CRUJIA.....	48
IMAGEN 28. DIAGRAMA DE COLOCACION DE DISPOSITIVOS PARA AMBOS .....	48
IMAGEN 29. PROYECCION UTM .....	51
IMAGEN 30. PRIMERA ESTACION.....	54
IMAGEN 31. CAMA DE ALINEACION.....	55
IMAGEN 32. ESTACION DE SOLDADURA .....	55
IMAGEN 33. ESTACION DE POLIURETANO.....	56
IMAGEN 34. INTERFASE DE TENSION .....	58
IMAGEN 34. TENSIONADORA .....	58
IMAGEN 35. TAPON DE INICIO Y FIN.....	59
IMAGEN 36. PLANO POSICION ANCLA DE MUERTEO.....	59
IMAGEN 37. PROCESO DE RECUPERACION DE LINEA.....	61
IMAGEN 38. STINGER.....	62
IMAGEN 39.PROYECCION TOUCH DOWN POINT (TDP).....	63
IMAGEN 40.DOCUMENTACION POR PRTE DE INGENIERIA .....	64
IMAGEN 41.DOCUMENTACION POR PRTE DE INGENIERIA .....	65
IMAGEN 42.DOCUMENTACION POR PRTE DE INGENIERIA .....	66
IMAGEN 43. IMAGEN DE LA EMBARCACION.....	67
IMAGEN 44. ESQUEMA DE LA EMBARCACION EN PLANTA .....	68
IMAGEN 45. DIAGRAMA INSTALACION DEL EQUIPO .....	69
IMAGEN 46.CONFIGURACION DEL SISTEMA.....	69
IMAGEN 47.CONFIGURACION DEL PROGRAMA DE NAVEGACION ..	70

IMAGEN 48. CONFIGURACION DEL PROGRAMA DE NAVEGACION ..	70
IMAGEN 49. CONFIGURACION DEL MODELO DE LA EMBARCACION .	70
IMAGEN 50. CONFIGURACION DEL MODELO DE LA EMBARCACION	70
IMAGEN 51. CONFIGURACION DEL MODELO DE LA EMBARCACION	70
IMAGEN 52. CONFIGURACION PARA GPS .....	71
IMAGEN 53. CONFIGURACION PARA GPS .....	71
IMAGEN 54. CONFIGURACION PARA GIRO COMPAS.....	71
IMAGEN 55. CONFIGURACION PARA GIRO COMPAS.....	71
IMAGEN 56. CONFIGURACION DE NODOS EN EL SOFTWARE.....	71
IMAGEN 57. CONFIGURACION DE NODOS EN EL SOFTWARE .....	71
IMAGEN 58. CONFIGURACION PARA SISTEMA AUXILIAR TDP.....	72
IMAGEN 59. CONFIGURACION PARA SISTEMA AUXILIAR TDP.....	72
IMAGEN 60. CONFIGURACION PARA SISTEMA AUXILIAR PRIMERA ESTACION .....	72
IMAGEN 61. LINEA DE PROYECTO .....	73
IMAGEN 62. INTERFACE FINAL QINSY .....	73
IMAGEN 63. PLANO DEL INICIO DEL TENDIDO.....	74
IMAGEN 64. AVANCE DEL TENDIDO .....	75
IMAGEN 65. INTERFACE QINSY EN OPERACIONES .....	76
IMAGEN 66. DATOS PARA CURVA .....	79
IMAGEN 67. DIAGRAMA CURVA SIMPLE .....	80
IMAGEN 68. DIAGRAMA CURVA SIMPLE .....	80
IMAGEN 69. ANALISIS BARGE TRACK .....	82
IMAGEN 70. SONDA DE ACUSTICA MONOHAZ SIMPLE .....	84
IMAGEN 71. SONDA DE ACUSTICA MULTHAZ .....	85
IMAGEN 72. SONAR DE BARRIDO LATERAL.....	85
IMAGEN 73. IMAGEN DE UN BARRIDO LATERAL .....	86

IMAGEN 74.PERFIL DEL LECHO MARINO .....	87
IMAGEN 75.PLANO TDP AVANZADO .....	88
IMAGEN 76.ESQUEMA ULTIMAS JUNTAS. ....	88
IMAGEN 77.REGISTRO DE TENDIDO DE TUBERIA .....	89
IMAGEN 78.REGISTRO JUNTAS INTERPOLADAS.....	90
IMAGEN 79.REPORTE DE ACTIVIDADES .....	90
IMAGEN 80.PLANO LINEA DE TENDIDO .....	91
IMAGEN 81.PLATAFORMA ELM-2 .....	92
IMAGEN 82.PLANO PRIMEROS AVANCES .....	93
IMAGEN 83.TAPON DE INICIO .....	94
IMAGEN 84.TRATAMIENTO DE TUBERIA.....	95
IMAGEN 85.TRANSPORTACION Y ALINEAMIENTO DE LA TUBERIA .	96
IMAGEN 86.PLATAFORMA XIKIN-B .....	97

## Definiciones

- Acolchonamiento: Proceso de colocar estructuras de concreto una encima de otra sobre el lecho marino con el fin de elevar el paso por donde cruzara una tubería submarina sobre otra ya existente de tal modo que no haya contacto una con otra.
- Babor: Se refiere al flanco izquierdo de la embarcación cuando esta se observa de la popa hacia la proa.
- Banda L: Es un rango de radiofrecuencia que emiten los satélites GPS; normalmente estos emiten dos señales de radio de baja potencia de la banda L, denominadas L1 y L2.
- Barcaza: Casco con super estructura que no cuenta con propulsión propia, generalmente de forma rectangular, que se utiliza para realizar trabajos costa fuera.
- Catenaria: La curva que adopta un cable perfectamente flexible, con masa distribuida uniformemente por unidad de longitud, para el caso de un cable de un ancla es la distancia medida desde el inicio de la embarcación hasta el punto donde el cable del ancla hace contacto con el lecho marino, esta distancia varía dependiendo de la aplicación de la fuerza (tensión) del cable.
- Derrota: Término que se usa en la navegación para definir el trayecto que debe hacerse y que efectivamente se hace para ir de un punto “A” a un punto “B”, y para el cual se pueden seguir uno o varios rumbos.
- DGPS: Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.
- DP: Abreviatura en Inglés de dynamic positioning “posicionamiento pDinámico” en español.
- Embarcación: Toda construcción destinada a navegación, cualquiera que sea su clase y dimensión.
- Enfilar: Poner la proa a un punto determinado, manteniendo el rumbo.
- Escaneo del lecho marino: Es la imagen acústica representada como imagen tipo radar, interpretando un barrido circular que detecta chatarra,

escombros, líneas expuestas, válvulas y todo lo que sobresalga por encima del lecho marino en el radio de barrido.

- Eslora: Longitud total de una embarcación de proa a popa.
- Estribor: Se refiere al costado derecho de una embarcación, cuando esta se observa de la popa hacia la proa.
- Girocompás: instrumento que consiste en un giróscopo cuyo mecanismo gira en torno al eje del plano horizontal, de tal forma que este se alinea con la línea norte-sur paralela al eje de rotación terrestre, indicando así el norte verdadero; este instrumento no está sometido a los errores inherentes de desviación y declinación, como es el caso de la brújula magnética, es decir no se ve afectado por el magnetismo terrestre. Este dispositivo se emplea en la navegación de buques.
- GNSS: del inglés: Global Navigation Satellite System o SSNG (Sistema Satelital de Navegación Global), es el acrónimo que se usa para designar a los diferentes sistemas de navegación por satélite que, con cobertura global, proporcionan la posición geoespacial de forma autónoma.
- Kip: Significa Kilopound o Kilolibra en español y es una unidad de fuerza medida en peso equivalente a 453.59 kilogramos.
- Lastre: Técnica que radica en el ingreso o toma directa de agua del medio en el que se localiza el buque o artefacto naval, de forma tal que se genere el llenado total o parcial de uno o varios de los depósitos específicamente diseñados para tal efecto en el interior del casco, y que procurarán la estabilidad del buque.
- Manga: Ancho de una embarcación medido de babor a estribor.
- NOAA: Es la oficina americana de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration); esta institución está encargada de describir y pronosticar los cambios en el medio ambiente a través de la investigación de los océanos, la atmósfera, el espacio y el sol; también es responsable de conservar y manejar los recursos costeros y marinos.
- Operador del Programa de Navegación: es todo aquel personal que se encarga de operar los equipos de posicionamiento DGPS y programa de

navegación, los cuales se utilizan a fin de determinar la posición de una embarcación o nave, así como sus remolcadores que participan en las maniobras, todo en tiempo real.

- Popa: Parte posterior de una embarcación, cuya abreviación es “pp”.
- Posicionamiento dinámico: Es el sistema de una embarcación que tiene como función controlar de forma automáticamente la ubicación y rumbo del barco, mediante el uso de propulsión activa; para ello, recibe, por parte de los sistemas que analizan las condiciones externas en la que el buque está actuando, la información de dicho buque. Este sistema puede categorizarse en los siguientes niveles DP1, DP2 o DP3.
- Primera estación: es la zona donde inician los preparativos de la tubería para su posterior tendido
- Proa: Parte delantera de la embarcación; se abrevia “pr”.
- Rumbo: dirección de la embarcación, considerada en el plano del horizonte.
- Ruta de Navegación: Ver Derrota; Durante las maniobras de traslado de obra de los equipos móviles de perforación, dícese de la mejor opción para navegar hasta la siguiente localización, tomando como criterio principal cruzar la menor cantidad de ductos submarinos y no interferir el tráfico marino en el área de plataformas.
- Stinger: estructura metálica que sobresale de la popa de la embarcación con el fin de dar guía a la tubería para su inmersión en mar.
- (TPD) Touchdown point: se refiere al evento en que hace contacto la tubería en el lecho marino.

## **Objetivos**

### **Objetivo principal**

- Plantear una metodología puntual (geodésicamente) en cada etapa de la construcción de un tendido de tubería submarina, cumpliendo con la normatividad de PEP (Pemex exploración y producción) vigente. A partir de software de posicionamiento y equipo electrónico (DGPS, GIROCOMPAS)

### **Objetivos secundarios**

- Fundamentar los usos y funcionamiento del equipo electrónico (DGPS, GIROCOMPAS), el software de posicionamiento, las interfaces de comunicación entre los equipos electrónicos y el software.
- Plantear las generalidades de un proyecto de construcción denominado: “Proyecto: control horizontal y vertical de tendido de tubería submarina con lastre de la plataforma futura ELM-2 hacia la plataforma XIKIN-B en la sonda de Campeche, México”.

## **Planteamiento del problema**

En la instalación de tuberías submarinas no se cuenta con una metodología puntual documentada referente al control horizontal y vertical durante el proceso de ejecución.

## **Hipótesis**

A partir de analizar y desarrollar una metodología referente al control horizontal y vertical complementada por las nuevas tecnologías de posicionamiento, permitirá realizar proyectos de infraestructura submarina más eficientes y precisos.

## Antecedentes

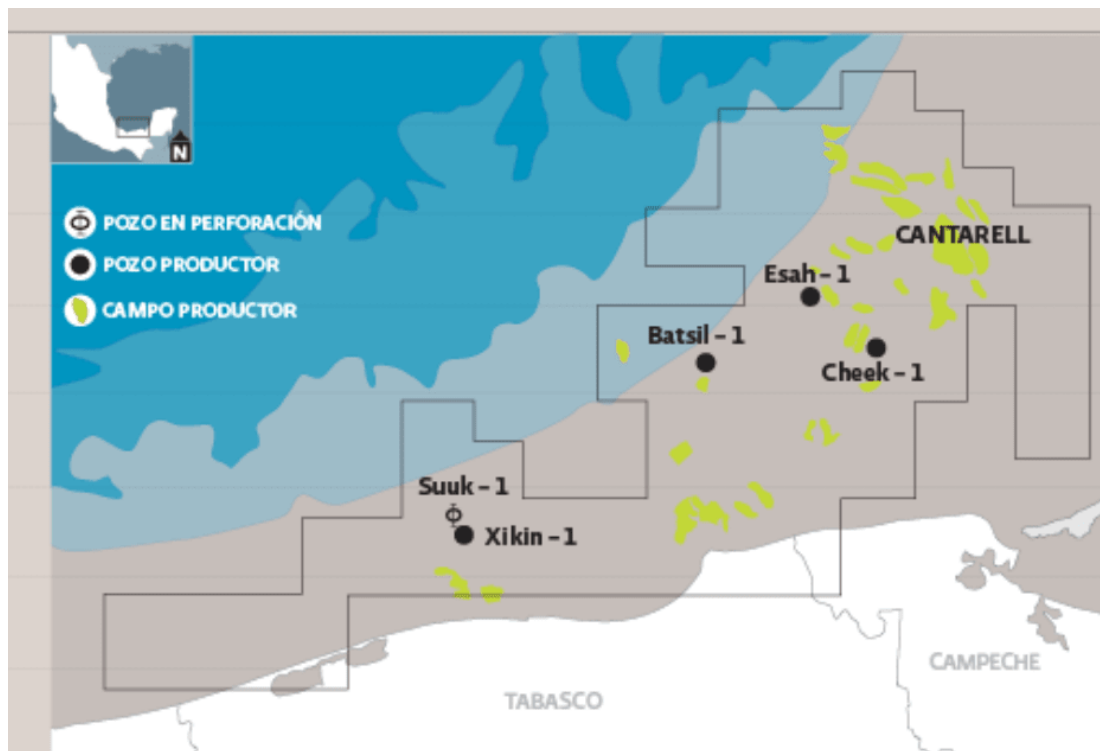
La sonda de Campeche es una de las localizaciones de la prolongación submarina que se encuentra en la península de Yucatán en el golfo de México. Esta prolongación se localiza hacia el poniente y al norte de la península.

A partir del siglo XX esta zona se ha explotado intensamente comprendida por la sonda de Campeche con respecto a los hidrocarburos localizados ahí.

Aquí se han instalado numerosas plataformas petroleras para la perforación de pozos, de los cuales se obtienen crudo y gas natural.

De toda la infraestructura instalada en esta región se extrae tres cuartas partes del petróleo mexicano.

El complejo Cantarell pertenece a un yacimiento que extrae petróleo en el país. Este complejo es considerado de los más importantes internacionalmente, ubicándose como el segundo lugar a nivel mundial, superado por Arabia Saudita con el complejo Ghawar, y es por eso que tiene el segundo lugar en proyectos de costa fuera a nivel mundial. Genera gran parte de la riqueza del petróleo mexicano lo que representa una gran fuente de riqueza para el país.



## **Bases teóricas**

Los procedimientos para los tendidos de tubería submarina son actividades de especialización en la ingeniería; por ello requieren de procesos de evaluación, planeación y su ejecución de las infraestructuras en costa fuera.

Un tendido de tubería es parte de los procesos más importantes para cualquier proyecto de ingeniería costa fuera.

Estos proyectos son estrictos con respecto a la calidad y precisión durante su construcción e instalación, además de cumplir con todas las normativas por PEP.

Para los proyectos de extracción de hidrocarburos se requiere un sistema de transportación o almacenamiento en alguna plataforma o buque cisterna, o posiblemente la transportación de hidrocarburos de una plataforma a otra o incluso para locaciones en tierra.

Para estos proyectos e instalación de tuberías se requiere de la maquinaria adecuada y en este caso de la embarcación adecuada; así, esta debe contener características particulares, tamaño, maquinaria especializada, sistema de posicionamiento preciso entre otros. Estas características son necesarias para los tratamientos a los que se someten antes de la inmersión para su colocación.

Para el posicionamiento de la tubería se tiene que mantener un control espacial de cada elemento que la comprende, es necesario conocer las dimensiones de la tubería para el inicio del tendido con el respectivo tapón de inicio. Dependiendo de las especificaciones del proyecto se instala un pilote de succión o un ancla de muerteo previo al inicio del tendido de tubería submarina. A este elemento se le sujeta el tapón de inicio de la misma, con el fin de mantener la posición en el lecho marino, además de cumplir la función de anclaje para darle tensión a la tubería mientras es instalada. Durante toda la instalación se debe utilizar un sistema de posicionamiento DGPS, para la embarcación, de tal modo que se pueda garantizar el posicionamiento de la tubería en el sitio dentro de las precisiones requeridas.

La importancia de este último punto es relevante ya que la dificultad para hacerlo deriva de la dinámica propia del océano.

Todas estas actividades se conjuntan para lograr un trabajo adecuado, evitando errores que generan retrasos y aumento de costos. Todo este proceso se maneja

de acuerdo con la normatividad de diferentes áreas que regulan y controlan las actividades y procedimientos minuciosamente.

### **Bases legales**

El desarrollo de la metodología se debe apegar al Procedimiento operativo para el posicionamiento de embarcaciones y artefactos navales en el área marina de influencia de PEP ( PO-LO-OP-0023-2017).

Ley de Navegacion y Comercio Marino y su Reglamento.

### **Normas del proyecto**

<b>ESPECIFICACIONES</b> <i>(última revisión)</i>	<b>Descripción</b>
ISO 3183	PETROLEUM AND NATURAL GAS INDUSTRIES-STEEL PIPE FOR PIPELINE TRANSPORTATION
ISO 21809-2: 2014	RECUBRIMIENTOS EXTERIORES PARA TUBERÍAS ENTERRADAS O SUMERGIBLES
ISO 21809-5: 2012	EXTERNAL COATINGS FOR BURRIED OR SUBMERGED PIPELINES USE IN PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEM
ISO 15589-2: 2017	PETROLEUM AND NATURAL GAS INDUSTRIES-PIPELINE TRASPORTATION SYSTEMS
ISO 15589-2: 2012	CATHODIC PREOTECTION OF PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEM PART-2 OFFSHORE PIPELINE
P.2.0722.03: 2015	DISEÑO DE LÍNEA SUBMARINAS DEL GOLFO DE MEXICO
P.2.0722.04: 2014	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS PARA ALTA TEMPERATURA

## **Notas generales del proyecto**

1. El sistema de coordenadas empleado es universal transverso Mercator (U.T.M.) zona 15 meridiano central 93° 00' 00" W ELIPSOIDE WGS84, DATUM WGS84.
2. Todas las coordenadas, profundidades y kilometrajes están en metros, todos los rumbos están referidos al sistema geográfico.
3. El perfil mostrado se elaboró en función de los tirantes de agua indicados en las hojas de datos técnicos y condiciones de operación, de enero 2019.
4. La línea regular tiene como origen la curva de expansión localizada en la plataforma ELM-2 y como destino la curva de expansión localizada en la plataforma XIKIN-B.
5. Previo a la instalación del ducto, se deberán verificar las coordenadas y orientación de la plataforma ELM-2 y XIKIN-B.
6. Las pruebas hidrostáticas de la tubería se realizarán de acuerdo con la norma ISO 13623:2015.
7. Con referencia a la plataforma ELM-2, las coordenadas de su centro se obtuvieron de la hoja de datos técnicos y condiciones de operación, con fecha 04-enero-2019.
8. Con referencia a la plataforma XIKIN-B, las coordenadas de su centro se obtuvieron de la hoja de datos técnicos y condiciones de operación, con fecha 04-enero-2019.

## **Introducción**

Los oleoductos, gasoductos y tuberías submarinas en general se han convertido en importantes instalaciones de producción de campos de petróleo y gas en alta mar y son la vía de transportación de hidrocarburos costa afuera que forman parte del sistema de producción petrolera.

En los últimos años, con el continuo desarrollo de la industria petrolera en alta mar, los oleoductos, gasoductos y tuberías submarinas son el medio más rápido,

seguro, económico y fiable de transportar petróleo, gas y otros productos necesarios en esta industria de forma continua.

Este proyecto pretende mostrar la intervención de la topografía y geodesia a un alto nivel de exigencia de acuerdo con la normativa en México y con lo cual se denota la importancia de la misma en los proyectos vitales del sector. Específicamente en la sonda de Campeche. La región más importante del país en extracción de hidrocarburos. Se mostrará el proceso de tendido de tuberías, una obra de ingeniería importante para el desarrollo y crecimiento del sector energético y por lo tanto para el enriquecimiento del país. Una obra estratégica, impórtate, compleja, costosa, en un entorno difícil como lo es el océano con profundidades donde cada intervención requiere de la utilización de muchos recursos materiales, tecnológicos, humanos, etc.

Este tipo de trabajos se hacen en mar abierto a largas distancias de tierra firme esto dificulta la forma de referencia el posicionamiento incluso una previsualización de lo que se está haciendo es imposible ya que nuestro trabajo en mar abierto es bajo las profundidades.

## **Capítulo 1. Equipos de posicionamiento**

### **1.1 Equipo a emplear**

Según el Procedimiento operativo para el posicionamiento de embarcaciones y artefactos navales en el área marina de influencia PEP 2017, previo al inicio de cualquier maniobra se debe verificar que todas las embarcaciones y/o artefactos navales cuenten con el equipo de posicionamiento instalado, el cual debe constar de lo siguiente:

- Sistema de posicionamiento DGPS por satélite dual.
- Sistema (programa) de navegación.
- Girocompás electromagnético y girocompás magnético de precisión calibrado y certificado.
- Sistema de posicionamiento DGPS remoto con display para cada uno de los remolcadores de apoyo, donde el remolcador pueda ver la base de datos y donde se localiza en tiempo real. (en caso de una embarcación con anclas).
- Todos los elementos del sistema de posicionamiento deben contar con equipo de respaldo.
- Otros como: UPS o NO BREAK, acondicionadores de voltaje, relevadores de voltaje, teclado, mouse, monitores, impresoras, multipuertos, video splitter, video extender, softwares varios, lote de cables, interfaz para comunicación (db9-db25) y papelería en general.

Todos estos instrumentos son instalados en un área asignada por la empresa o bien en el mejor lugar para el equipo de posicionamiento y se brinde un buen servicio.

### **1.2 Medidas de prevención previas a actividades**

La compañía que presta el servicio del sistema de posicionamiento global DGPS es la encargada de instalar en el programa de navegación, la última versión de la base de datos de las instalaciones marinas que se ubican en las áreas de influencia PEP (DWG).

Por su parte, el operador del programa de navegación es el encargado de verificar la adecuada operación de todos los componentes del sistema, así como certificar que se reciban de forma precisa las señales de los satélites; también debe introducir los parámetros de transformación del GEOIDE, ELIPSOIDE y la zona geográfica (UTM) correspondiente. El **sistema de coordenadas geográficas, denominado UTM** (Universal Transversal Mercator), es utilizado para referenciar cualquier punto de la superficie terrestre, usando una proyección cilíndrica que representa la Tierra sobre un plano.

El supervisor de posicionamiento debe solicitar detener el inicio o continuación de la maniobra cuando el equipo de navegación (girocompás electromagnético, equipo de cómputo) de las embarcaciones y/o artefacto naval presente fallas o se encuentre fuera de servicio o cuando el sistema de posicionamiento DGPS presente fallas que lo inhabiliten para presentar datos confiables (también se incluyen dentro de las fallas el no tener señal diferencial pagada vigente).

### **1.3 GPS con estación de referencia**

El sistema NAVSTAR-GPS, denominado GPS, está compuesto por un total de 24 satélites (más 3 de repuesto), que giran alrededor de la tierra a 20.180km de altura; se encuentran ordenados en seis órbitas casi circulares que tienen una inclinación de 55° respecto al eje de la Tierra y tienen un período de rotación de 11 horas y 58 minutos.

Este sistema, controlado continuamente desde diversas estaciones en tierra por el Departamento de Defensa de EE. UU., proporciona la situación exacta de los satélites y es corregida cuando así es necesario.

A través de este sistema, en cualquier punto del mundo y a cualquier hora, sin importar las condiciones meteorológicas, cualquier usuario puede fijar su posición geográfica con gran precisión en tres dimensiones, mediante el cálculo de las distancias entre la antena del receptor y los satélites que tenga a la vista. Para ello, en principio con cuatro satélites es suficiente para obtener las coordenadas (x, y, z, t), debido a que de los dos puntos teóricamente posibles uno se considera absurdo. Pero como el cálculo se basa mediante la medición del tiempo que tarda en llegar al receptor la señal de cada satélite, las distancias determinadas se afectan por el error de sincronización entre el transmisor y el receptor; por ello se denominan pseudodistancias.

Para que se lleve a cabo la sincronización de los satélites entre sí, se deberían disponer relojes atómicos que tienen una gran precisión, sin embargo, tienen un costo elevado, pero los de los receptores, que tienen un precio muy accesible, pero que no son de tanta calidad, da lugar al error antes mencionado.

Así, para que un usuario determine su posición en un momento determinado, es necesario que tenga sobre el horizonte un mínimo de cuatro satélites.

El sistema GPS proporciona las coordenadas de la ubicación de un usuario determinado, referidas al sistema WGS-84 (World Geodetic System 1984), la hora del sistema es casi igual a la UTC (Universal Time Coordinated), pero el problema que presenta es su falta de integridad, que provoca que el conocimiento del mal funcionamiento del sistema tarde en llegar varios minutos o incluso algunas horas. Las aplicaciones de este sistema son muy variadas y aumentan continuamente: posicionamiento y localización de móviles en tierra, mar y aire, topografía e hidrografía, obras civiles, agricultura, entre otras.

Es importante mencionar que el sistema GPS suministra dos servicios, el PPS militar y cifrado y el SPS, libre para uso civil y de menor exactitud. Por otro lado, fue hasta mayo del año 2000 cuando la exactitud de la señal GPS (libre) era de 100 m (95%), pero a partir de esa fecha, al eliminarse la denominada disponibilidad selectiva (SA), la exactitud es del orden de los 25 m (95%).

Así, los errores principales que se generan y que inciden en la exactitud final con la que se puede determinar la posición, a partir de la señal GPS, se derivan de:

- los relojes de los satélites y la desviación de la órbita, que pueden solucionarse desde el control de tierra.
- la transmisión de las señales, a través de la ionósfera, que se solucionan completamente tomando en cuenta las ondas de radio se pierden a través de esta de forma inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia empleada.
- la transmisión casi incorregible de las señales a través de la tropósfera.
- los ruidos de los receptores, lo cual depende de la calidad de éstos.
- el efecto multitraectoria, que se genera por las reflexiones sobre determinados obstáculos de las señales de los satélites antes de llegar al receptor.

- la incertidumbre geométrica, que se debe a la posición relativa de los satélites utilizados para la determinación de la ubicación; esta se minimiza con la selección adecuada de los satélites en cada ocasión.

Los sistemas de navegación por satélite, también se conocen mediante el nombre genérico GNSS (Global Navigation Satellite System). Los sistemas diferenciales que, basados en ellos, suministrarán con mejor exactitud en la posición, poseerán mejor integridad y proporcionarán cobertura en zonas más amplias, como el DGPS marítimo.

Por otro lado, los sistemas de cobertura amplia son sistemas diferenciales de navegación por satélite que transmitirán al usuario las correcciones calculadas en estaciones en tierra con el apoyo de satélites de comunicaciones. Estos se emplean principalmente en la navegación oceánica, mientras que en la navegación costera o en aguas restringidas los sistemas de cobertura local seguirán siendo utilizados de manera básica.

En el mundo actualmente se desarrollan tres sistemas de este tipo:

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) en Europa, WAAS (Wide Area Augmentation System) en EE. UU. y MSAS (Multi-function Satellite-based Augmentation System) en Japón.

Para disminuir los errores en el sistema GPS y a fin de obtener una exactitud e integridad mejoradas, se lanzó el sistema diferencial denominado DGPS (Differential GPS).

Este sistema que se basa en las señales del GPS y con estaciones de referencia en tierra con posición conocida, tiene la capacidad de calcular y transmitir las correcciones que los usuarios pueden aplicar a los datos GPS para conseguir la posición más exacta dentro de la zona cubierta por los emisores.

El fundamento de este sistema consiste en que la estación de referencia determina su posición a partir de las señales GPS y, la compara con su posición conocida, posteriormente calcula las diferencias o correcciones a aplicarse a los resultados obtenidos mediante los satélites, para que finalmente ambas posiciones coincidan.

Son estas correcciones las que se transfieren a los usuarios del sistema, y así los equipos DGPS las introducen en los cálculos para establecer la ubicación.

Así, los beneficios del DGPS en comparación con el GPS son una integridad del orden de pocos segundos y una exactitud en la posición mejor de 10m (2dRMS), que en muchos casos puede ser de 2 o 3m para dispositivos móviles y menos en situación estacionaria, usando mensajes RTCM y correcciones sobre código; sin embargo, al utilizar protocolos RTK y correcciones sobre fase, se pueden lograr exactitudes prácticamente centimétricas.

## **1.4 DGPS**

El GPS / GNSS diferencial (DGPS / DGNSS) es un procedimiento de posicionamiento que utiliza dos receptores, un rover en una ubicación desconocida y una estación de referencia en una conocida y fija. La estación de referencia calcula correcciones basadas en los rangos reales y observados de los satélites. reales y observadas de los satélites que se están rastreando. Las coordenadas de la ubicación desconocida pueden calcularse con una precisión submétrica aplicando estas correcciones a los datos de los satélites recibidos por el rover. (OCEANEERING, 2019 [oceanengineering.com/cnav](http://oceanengineering.com/cnav))

DGPS O GPS diferencial es un procedimiento que incluye el uso simultaneo de dos o más receptores basados en código. Puede proporcionar precisión en la posición de unos cuantos metros.

En el DGPS, un receptor ocupa una estación base (cuyas coordenadas se conocen con precisión) y en el otro receptor o receptores también conocidos como vagabundos se instalan en estaciones cuyas posiciones no se conocen.

Al colocar un receptor en una estación de posición conocida, pueden determinarse los errores de las pseudodistancias en la señal, ya que el receptor de esta estación base y el vagabundo están relativamente cerca entre sí, los errores en la pseudodistancia tanto en la estación base como en los vagabundos tendrán aproximadamente la misma magnitud. Así después de calcular las correcciones para cada satélite visible en la estación base, estas pueden aplicarse a los receptores vagabundos, reduciendo o eliminando así sustancialmente muchos errores como errores del reloj y en las efemérides, refracción ionosférica, refracción troposférica, ruido en el receptor y otros (trayectoria múltiple, etc.).

El DGPS puede hacerse casi en tiempo real con un transmisor de radio en la estación base y con receptores de radio compatibles en los vagabundos. Este

proceso se conoce como diferencial GPS en tiempo real. Las transmisiones de radio a los vagabundos contienen tanto correcciones de las pseudodistancias para épocas de tiempo específicas (momentos en el tiempo) como correcciones en la tasa de distancias de modo que pueden interpolarse correcciones a las señales entre cada época. Alternativamente, los errores pueden eliminarse de las coordenadas determinadas para las estaciones vagabundas durante el procesamiento de datos (Wolf y Ghilani, 2016).

Para la instalación de una antena GPS, la ubicación es importante, no debe estar obstruida por ninguna estructura que le obstruya la recepción de satélites, se debe calcular la cantidad cable necesario para su conexión desde la antena hasta el display.

#### **1.4.1 DGPS C-NAV**

Los sistemas DGPS se obtiene a través de una suscripción, siendo un servicio que proporcionan las empresas, las cual autorizan su uso. Este sistema utiliza satélites geoestacionarios que se encuentran ubicados en diversas regiones que cubren la mayor parte de la Tierra. Para tener acceso a la corrección de la señal, es necesario que el usuario tenga un receptor con la capacidad de recibir dicha señal, la cual está disponible para algunos fabricantes de GPS tales como Autofarm, Hemisphere GPS, Novatel, Topcon, Trimble, Raven, etc.

Tanto C-NAV como VERIPOS a partir del número de serie del receptor de la antena solicitan para mediante el pago del servicio, la señal diferencial es entonces que las compañías liberan la corrección y le permiten al receptor activarse en modo diferencial.

Es importante recalcar que existen diferentes opciones de dispositivos que ofrecen el servicio DGPS sin embargo para este proyecto en específico se utilizaron los dispositivos que SE DESCRIBEN MAS ADELANTE es importante mencionar que para el acceso al Servicio de Correcciones C-Nav (CCS) requiere una suscripción que debe adquirirse. Las licencias son intransferibles y están sujetas a los términos del Acuerdo de licencia de C-Nav. Las suscripciones se basan en un período de uso predeterminado.

El receptor GNSS C-Nav5000 proporciona una precisión de posición de 5 cm mediante el servicio de corrección C-Nav (CCS).

El C-Nav5000 es capaz de rastrear GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo. Tiene seguimiento paralelo todo en vista con 252 canales para navegación, SBAS y 3 canales para CCS. Incluye 4 puertos seriales, USB y hasta 8 conexiones Ethernet. Con capacidades patentadas de rechazo de interferencia y hardware

Precisión: Cuando se utilizan señales de corrección WAAS, EGNOS, MSAS o GAGAN (conforme a RTCA / DO-229D) SNAS, SBAS, el sistema proporciona una precisión de posición 2D de < 30 cm

El receptor proporciona una recuperación casi óptima del código P del GPS, lo que supone una importante ventaja en la relación señal/ruido el receptor GNSS C-Nav5000

RTK: El receptor GNSS C-Nav5000 está diseñado para integrarse fácilmente en cinemática en tiempo real (RTK), verificación de datos de campo, levantamientos topográficos y una amplia variedad de aplicaciones topográficas. El sistema resuelve ambigüedades en el momento de la puesta en marcha o de la readquisición del satélite, normalmente en dos segundos. El receptor GNSS C-Nav5000 ofrece una precisión de posición a nivel centimétrico precisión de posición a través de formatos de corrección RTK externos (se requiere un software adicional). El receptor es capaz de utilizar NCT RTK / Ultra RTKTM, RTCM 2.3, y RTCM 3.1 (código y fase; solución de base única), DGPS métodos de funcionamiento.

Recepción de la señal: El sensor proporciona un muy buen rendimiento a pesar de las condiciones adversas de seguimiento de la señal condiciones adversas de seguimiento de la señal al incorporar el uso de GPS (L1, L2, L2C, L5), GLONASS (G1, G2) y SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN y SNAS) (estándar para la mayoría de los paquetes de software). El receptor rastrea y proporciona datos de medición en bruto para Beidou (B1 y B2) y Galileo (E1, E5a y E5b). Las señales Beidou y Galileo no se utilizan en el motor de navegación.

El receptor GNSS satisface las necesidades de un gran número de aplicaciones, tales como:

- Offshore
- Mantenimiento de estaciones náuticas
- Posicionamiento dinámico

- Dragado y construcción en alta mar
- Estudio de aguas profundas
- Control de máquinas y navegación de vehículos
- Guiado de implementos remolcados
- Control de máquinas de construcción - Control de palas y nivelación
- Seguimiento de precisión de ferrocarriles, barcos y aviones
- Operaciones portuarias y seguimiento de contenedores

### Puertos de comunicación

El receptor dispone de un conector Positronic hembra de 9 pines puertos de comunicación etiquetados como COM1 - LAN y un conector DB26 etiquetado como COM 2/4 - USB 1/2 ubicado en la parte trasera del sensor (C-Nav5000TM User Guide April 2019).



#### Receptor GNSS C-Nav5000™

El receptor proporciona una precisión de posición de 4 cm mediante el servicio de corrección C-Nav (CCS), es capaz de rastrear GPS, GLONASS. Tiene seguimiento paralelo todo en vista con 252 canales para navegación, SBAS y 3 canales para CCS. Incluye 4 puertos seriales, USB y hasta 8 conexiones Ethernet.



Combinador C-Nav

permite el uso de antenas de banda L y GNSS independientes. Se utiliza en operaciones de alta latitud donde el ángulo de visión bajo de la antena de banda L separada permite la recepción de señales de corrección que no es posible con una unidad de banda L / GNSS integrada estándar.

Este combinador se puede montar en el mástil o localmente con el receptor GNSS.



C-Nav289

Es una antena GNSS que rastrea todas las constelaciones GNSS, correcciones C-Nav y satélites SBAS. Está alojado en una carcasa totalmente de polímero para aplicaciones marinas. La antena figura en las tablas de calibración de antenas GNSS de la NOAA como C-Nav289

### 1.4.2 DGPS VERIPOS LD3

Otro dispositivo que ofrece el servicio de DGPS es el VERIPOS, el cual se creó en 1989 para suministrar servicios de aumento de GPS, en forma de correcciones diferenciales de GPS, a los buques de la industria del petróleo y el gas en alta mar. Este dispositivo proporciona servicios de transmisión de datos y servicios de apoyo para aplicaciones de posicionamiento preciso a través de la aplicación innovadora de la tecnología. proporcionando precisión de hasta 10cms.

El pilar de VERIPOS es la prestación de servicios de transmisión de datos con el fin de mejorar la precisión, fiabilidad e integridad de la navegación y el posicionamiento precisos.

## LD3

El VERIPOS LD3 es una unidad pequeña, ligera y económica, que se configura como un demodulador de satélite de banda L independiente o como un móvil de posicionamiento integrado completo con un receptor GNSS interno de una o dos frecuencias.

Puede recibir las transmisiones en banda L de VERIPOS desde satélites de alta y baja potencia y datos de corrección RTCM para su uso por equipos GNSS externos.

Cuando se equipa con el receptor GPS de frecuencia única opcional, la unidad puede calcular soluciones de posición DGPS utilizando una o varias estaciones de referencia.

Los modelos más recientes son el LD3S tiene una opción para un receptor GPS de doble frecuencia. Las unidades con esta configuración también podrán calcular una solución de posición DGPS.



Puede recibir transmisiones en banda L de VERIPOS tanto de satélites de alta como de baja potencia y emitir datos de corrección RTCM que pueden ser utilizados por equipos GNSS externos.

Cuando se equipa con el receptor GPS de frecuencia única opcional, la unidad puede calcular soluciones de posición DGPS utilizando una o varias estaciones de referencia.

Las posiciones se calculan dentro del receptor GPS y se emiten en formato NMEA para ser utilizadas por el equipo del usuario.

### **1.4.3 DGPS VERIPOS LD5**

#### **LD5**

El dispositivo VERIPOS LD5 es un sensor integrado con una moderna interfaz de usuario diseñada para satisfacer una serie de requisitos de posicionamiento en alta mar.

El VERIPOS LD5 es una unidad de posicionamiento de última generación que está disponible en varias configuraciones, desde un demodulador básico de banda L hasta una unidad de posicionamiento móvil con demodulador y receptor GNSS multifrecuencia.

El LD5 utiliza los algoritmos de posicionamiento de VERIPOS y soporta todos los servicios de VERIPOS que pueden producir una precisión de la posición desde el metro hasta el decímetro.

El LD5 también se puede utilizar como sensor para la salida de mediciones GNSS en bruto y datos de aumento de VERIPOS en formato RTCM.

Los datos pueden salir a través de tres puertos serie aislados galvánicamente configurables para EIA232 o EIA422. Los datos también están disponibles a través de un puerto USB o un puerto Ethernet.

Los usos y aplicaciones de este sensor LD5 van desde la vigilancia hidrográfica hidrográfica/costera, dragado, construcción en alta mar, exploración sísmica y posicionamiento dinámico.

### **1.5 Formato RTCM**

Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos (RTCM)

Los estándares RTCM se utilizan internacionalmente para los sistemas diferenciales de navegación global por satélite y los sistemas de cartas electrónicas.

El formato RTCM (en sus versiones 2.3 y 3.0) manejan dentro de sus mensajes todos observables GPS y GLONASS, definición y tipo de antena, coordenadas de la estación de referencia, correcciones de código y fase y, en el caso de la versión 3.0, además trasfiere un mensaje de solución de red, que incluye las correcciones diferenciales de diversas estaciones permanentes, con lo cual se incrementa en tiempo real, la estabilidad y eficacia de los posicionamientos.

Los estándares RTCM SC-104 actuales soportan datos GPS y GLONASS para operaciones DGNSS y RTK. La modernización del Sistema GPS provee nuevas señales, específicamente L2C y L5 y una mezcla de mediciones de fase desde señales diferentes que estarán disponibles próximamente. Sin embargo, RTCM versión 2.3 tiene limitaciones respecto de las nuevas señales GNSS y necesita extensiones para la inclusión de dichas señales. RTCM versión 3 tiene un Indicador para el código C/A en L2, bajo la suposición que ningún satélite transmitirá ambos códigos C/A y L2C sobre la señal portadora L2 simultáneamente. Por lo tanto, RTCM versión 3 puede soportar modos de traqueo de señales para código C/A en L1, código P (Y) en L1, código P (Y) en L2 y L2C. Las señales del sistema GALILEO estarán disponibles en un futuro próximo y RTCM SC-104 versión 3 tiene flexibilidad para acomodar datos e información asociada a sus observables.

## **1.6 Girocompás electromagnético**

El girocompás es un dispositivo que siempre se dirige al Norte geográfico; su mecanismo consiste en un juego de discos que con la ayuda de motores, giran rápidamente y junto con las fuerzas de fricción aprovechan la rotación de la Tierra. Su funcionamiento no se basa en el magnetismo terrestre, por lo que los problemas relacionados con dicho magnetismo se exentan, aunque sí presentan otros.

En los barcos este tipo de dispositivos se usan ampliamente, puesto que en comparación con las brújulas magnéticas tienen las siguientes ventajas:

- Se dirigen al norte geográfico, es decir, no al norte magnético.
- Su funcionamiento no se ve influenciado por el metal del casco de los barcos.

### **1.6.1 Girocompás Crescent VS100**

La serie Crescent VS100 ofrece una solución de rumbo GPS de alta precisión del sector marítimo. y de control de máquinas. La serie utiliza un receptor y dos antenas separadas para lograr una precisión de rumbo que oscila entre 0,1 a 0,25 grados (RMS), dependiendo de la separación de las antenas.

ofrece un rendimiento de posicionamiento GPS submétrico de menos de 60 centímetros, el 95 por ciento del tiempo utilizando WAAS u otras señales GPS

diferenciales adecuadas. la serie está diseñada para proporcionar un rumbo GPS de gran precisión teniendo en cuenta el cabeceo, el balanceo y la velocidad de varias embarcaciones marinas.

Este dispositivo rastrea y calcula automáticamente la información de posición con complejos algoritmos, ya sea utilizando GPS o GPS diferencial (DGPS).

Puede utilizar una fuente externa de correcciones diferenciales RTCM SC-104 diferencial RTCM SC-104.

Rendimiento del receptor.

El Crescent VS100 funciona encontrando 4 o más satélites GPS en el cielo visible y utiliza la información que proporcionan esos satélites para calcular una posición adecuada (dentro de 2,5 metros). Dado que existe un cierto error en los cálculos de los datos del GPS también realiza una corrección diferencial. Utiliza las correcciones diferenciales para mejorar su posición a menos de 1 metro.

calidad de adquisición de los satélites

Cuando el instrumento está bien colocado, los satélites transmiten información codificada a la antena en una frecuencia específica que permite al receptor calcular el alcance de cada satélite.

El GPS es esencialmente un sistema de temporización. Las distancias se calculan el tiempo que tarda la señal GPS en llegar a la antena GPS.

Para calcular la ubicación geográfica, el receptor GPS utiliza un complejo algoritmo que incorpora la ubicación de los satélites y rangos de cada satélite. La recepción de 4 o más de estas señales permite al receptor GPS calcular las coordenadas tridimensionales.

Funcionamiento diferencial:

El propósito del GPS diferencial (DGPS) es eliminar los efectos de los errores atmosféricos, los errores de sincronización y los errores de órbita de los satélites, a la vez que mejoran la integridad del sistema.

La capacidad de posicionamiento autónomo. Con el fin de mejorar la calidad del posicionamiento hasta niveles submétricos, utiliza correcciones diferenciales de:

Muchas autoridades marítimas, como los guardacostas han instalado redes de radiobalizas que emiten correcciones DGPS. Cada vez más, esta red de

radiobalizas se utiliza para aplicaciones terrestres también, lo que resulta en una densificación de redes en el interior. El receptor de radiofaro de doble canal del VS110 puede funcionar en modo de sintonía manual o automática. Alternativamente, un modo de base de datos seleccionará la estación más cercana de acuerdo con las normas IEC 61108-4



- Ofrece precisión de rumbo GPS mejor que de 0,1 grados rms
- Precisión de posicionamiento diferencial de menos de 60 cm, el 95% del tiempo
- El giroscopio y el sensor de inclinación integrados ofrecen tiempos de arranque rápidos y proporcionan actualizaciones de rumbo durante pérdida temporal del GPS
- Rumbo y posicionamiento rápidos
- tasas de salida de hasta 20 Hz
- Opciones diferenciales que incluyen

SBAS (WAAS, EGNOS, etc.) y diferencial de balizas opcional

- La tecnología COAST™ mantiene soluciones precisas durante 40 minutos o más después de la pérdida de la señal diferencial

## 1.7 Girocompass electrónico

### Octans Girocompás y sensor de movimiento

Es un girocompás y un sensor de movimiento todo en uno para diversas aplicaciones difíciles, eleva el estándar de la industria en cuanto a la precisión de las mediciones de balanceo, cabeceo, oscilación y rumbo, a la vez que pone a disposición

Características:

- Nueva generación de algoritmos, incluyendo el rumbo y el cabeceo en tiempo real (período de 30 segundos)

- Ethernet, interfaz gráfica de usuario basada en la web y compatibilidad de software de inspección

Beneficios:

- Salida de alta precisión en tiempo real para balanceo, cabeceo, rumbo verdadero, el oleaje, la oscilación, la aceleración y la velocidad de giro, incluso en entorno sin GPS/GNSS; ruta de actualización del producto INS

- Facilidad de uso e integración

- Rendimiento de rumbo robusto para embarcaciones de alta velocidad con alta velocidad de giro

- Facilidad de exportación

Aplicaciones: Survey (MBES/Lidar), DP (Posicionamiento Dinámico), Monitoreo del movimiento, Estabilización de la plataforma, Navegación segura y robusta, incluso en entornos sin GPS

### **1.7.1 Girocompás Meridian Surveyor (Teledyne TSS Meridian Surveyor)**

El Meridian Surveyor es un instrumento de referencia de rumbo maestro que aplica las características de un giroscopio ajustado dinámicamente y los efectos de la gravedad y la rotación de la tierra para proporcionar una referencia de norte verdadero.

Las especificaciones del Meridian Surveyor hacen que el sistema sea ideal para su instalación y funcionamiento a bordo de buques de casi cualquier tamaño y en una amplia gama de aplicaciones.

El Meridian Surveyor se ajusta automáticamente al meridiano. Debido a los principios físicos de un girocompás que busca el norte, la precisión alcanzable depende de la latitud de funcionamiento y de la dinámica del barco.

El Meridian Surveyor se asentará automáticamente tras el encendido para proporcionar una referencia de norte verdadero. El sistema sólo requiere la corrección de latitud y velocidad, aplicada manualmente o desde fuentes externas, para funcionar con la precisión especificada como un receptor GPS o

un registro de velocidad, que permitan al Sistema aplicar correcciones automáticamente.



Navegación de embarcaciones:  
embarcaciones clasificadas como  
no OMI / OMI, embarcaciones de  
alta velocidad, embarcaciones  
navales y embarcaciones de  
trabajo  
Sistemas de posicionamiento  
dinámico; El equipo DP1, DP2 y  
DP3  
y mueve el levantamiento  
hidrográfico en  
alta mar

### 1.8 Software QINSY (programa de navegación)

El desarrollo inicial de Qinsy fue en 1997 y el año de la última versión 2018 para el Sistema operativo es compatible con Win7, Win8, Win10.

Las áreas de aplicación Navegación son posicionamiento, SBES, MBES, SSS, cartografía móvil, dragado, construcción, cartografía, energías renovables marinas, sísmica, magnetómetro, barrido de barras, puertos / puertos, levantamiento costero, registrador de datos.

QPS QINSY es un software de planificación, adquisición y procesamiento de datos **hidrográficos en tiempo real**, con capacidades para manejar cualquier trabajo, desde simples levantamientos de hidrografía con haz simple hasta complejos trabajos de construcción en alta mar, cuenta con soporte para flujos de trabajo con levantamientos multihaz (MULTIBEAM), láser, sonar de barrido lateral (SIDE SCAN), USBL, magnetómetro y sistemas sísmicos, GEOFISICOS Con soporte para múltiples objetos y múltiples sensores, donde se pueden recopilar datos de estos sistemas simultáneamente, al mismo tiempo que realizan un seguimiento de varios objetos. Varias herramientas de

calibración y control de calidad en línea garantizan la adquisición de datos de alta calidad, mientras que el procesamiento de datos en tiempo real garantiza la máxima eficiencia del levantamiento. QINSY, tiene numerosas aplicaciones para respaldar la configuración, el monitoreo y la generación de informes de las actividades de dragado. QINSY también está muy centrado en la autonomía, con soporte para la planificación de la misión, visualización y control remotos, y la generación dinámica de líneas "sobre la marcha" basada en la batimetría recopilada en la línea anterior garantiza una cobertura completa sin espacios.

El software de navegación y posicionamiento QPS (QINSy) se puede utilizar en embarcaciones menores, así como buques de construcción en alta mar, barcasas de tendido de tuberías, plataformas de perforación, buques de investigación sísmica y buques de prospección hidrográfica.

QPS tiene una cuota de mercado en rápido crecimiento en la industria del petróleo y el gas en alta mar, la industria del dragado y las comunidades portuarias.

QINSy SURVEY es la versión completa de QINSy y soporta múltiples objetos y la interconexión de muchos sensores topográficos.

QINSy Survey está pensado para operaciones de medición más complejas que involucran múltiples embarcaciones/vehículos y donde los sensores de respaldo se utilizan ampliamente.

Como se pueden definir múltiples objetos, QINSy Survey puede ser utilizado para todo tipo de actividades en alta mar como el manejo de anclas con operaciones de colocación de tuberías y cables. QINSy Survey incluye la adquisición de datos, planificación completa del levantamiento, limpieza y validación de datos, intercambio de datos, mapeo además del control de la pantalla remota.

La precisión de los tiempos es crítica en los estudios complejos y como parte de su diseño central, QINSy siempre ha podido utilizar una rutina de cronometraje de los receptores GNSS. Para operaciones menos críticas en cuanto a tiempo, es capaz de utilizar métodos de sincronización de tiempo, o mensajes NMEA.

QINSy no sólo permite múltiples objetos (cada uno con su propio sistema de posicionamiento absoluto o relativo), sino que también permite la utilización de Objetos Vinculados a una embarcación, por lo que es capaz de realizar las

complejas tareas de posicionamiento y visualización que se requieren en los modernos proyectos de ingeniería.

Tareas de posicionamiento y visualización que se requieren en los proyectos modernos de ingeniería y offshore.

QINSy INSHORE es la licencia de nivel básico que es un paquete de levantamiento hidrográfico de fácil manejo que permite al usuario interconectar un GNSS, un rumbo y un ecosonda monohaz (doble frecuencia). Con pantallas y funcionalidades relevantes, QINSy Inshore puede utilizarse para la adquisición de datos, planificación de estudios, limpieza y validación, intercambio intercambio de datos y cartografía.

## Capítulo 2. Sentencia NMEA, electrónica e instalación

### 2.1 No break y UPS

Los equipos “NO BREAK” son de vital importancia en los trabajos abordo de embarcaciones, debido a que hay situaciones en la que podría haber una interrupción en el suministro de energía también llamado “black out”; la finalidad de estos equipos es mantener la energía durante un periodo de tiempo que permita mantener los instrumentos de posicionamiento funcionando hasta que se pueda restablecer la energía de la embarcación.

Por su parte, los equipos UPS tienen la finalidad de filtrar la energía que suministra el buque; pero cuando hay un corte del suministro, automáticamente se enciende el inversor y dicho UPS suministra la energía requerida, desde las baterías con las que cuenta, al voltaje y frecuencia requeridos. Un punto importante a considerar es que el inversor solamente se enciende cuando hay un corte en el suministro. Con este aditamento también se resuelven los problemas eléctricos de alto y bajo voltaje momentáneo, alto y bajo voltaje sostenido, así como el corte y/o falla del suministro eléctrico.

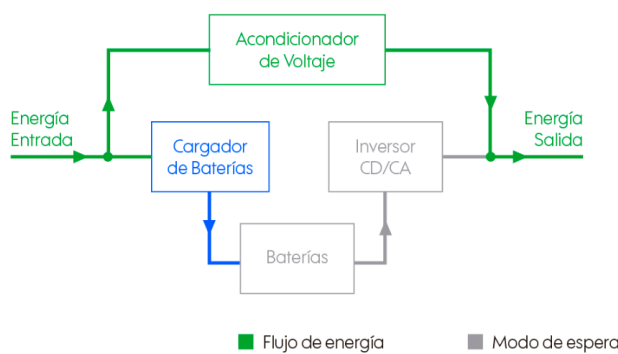


- Hasta 215 minutos de respaldo
  - Incorpora cuatro baterías de 12 Vcc 7 Ah sellada de ácido-plomo
  - Vida útil prolongada: Hasta 1 000 ciclos de carga / descarga
  - Estructura metálica para evitar su calentamiento y aumentar resistencia
  - 6 contactos polarizados y aterrizados con respaldo de energía
  - 3 contactos polarizados y aterrizados sin respaldo de energía
  - Protección contra sobrecargas y corto circuito
  - Regulación automática de voltaje
- Incorpora display que muestra el estado del No break

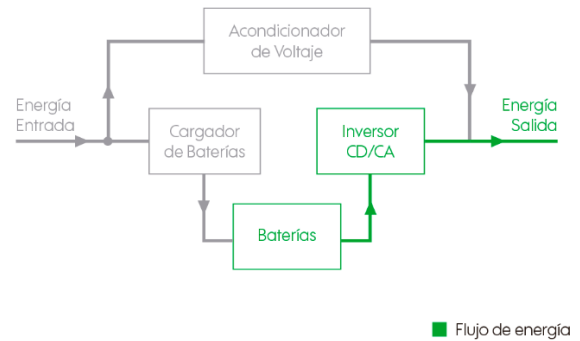
Los equipos UPS utilizan potentes funciones en circunstancias críticas durante el suministro de energía. Debido a su construcción (doble conversión en línea) su operación puede ser continua sin limitaciones; con ello se asegura que el

voltaje de salida es estable y limpio, a pesar de que existan variaciones en la energía suministrada, es decir la de entrada. Debido a la existencia de un transformador a la salida, existe un aislamiento galvánico completo para la carga. El UPS tiene la función de poder arrancar en frío, y con ello puede encender aún sin tener alimentación de inicio, con lo que se asegura un funcionamiento continuo. Cuando existe la posibilidad de contar con baterías reemplazables, gabinetes de autonomía extendida, así como servicios de puesta en marcha su eficiencia se ve notablemente mejorada. Este es un dispositivo inmejorable al momento de buscar respaldar y proteger información cuando se presentan complicaciones críticas en la red de suministro.

**Funcionamiento Normal**



**Funcionamiento durante corte de energía**



## 2.2 Acondicionador de voltaje

Un regulador de voltaje automático hace que el voltaje no entre demasiado alto o demasiado bajo al equipo. La mayoría promete un voltaje en el rango del  $\pm 10\%$  del voltaje que el equipo necesita. En México, el voltaje de la red debería ser de 127 voltios, aunque lo más común es que varíe menos del 5% alrededor de este valor en las principales zonas urbanas del país.

La mayoría de los reguladores de voltaje opera con una meta de 120 volts  $\pm 10\%$ . La razón por la que no tienen de meta los 127 volts es que el voltaje en EUA, dónde se diseña la mayoría de los que nos llega al mercado nacional, es de 120 volts.

## Características

- Regulación de voltaje  $\pm 5\%$
- Rango de voltaje a la entrada  $\pm 15\%$
- Capacidad de sobrecarga hasta 400% en arranques intermitentes
- Supresor de picos de voltaje incluido
- Corte automático
- Operación silenciosa y mínimo calentamiento
- Patentes originales
- Eficiencia del 99% promedio
- Tiempo de corrección inmediato (8 milisegundos)
- Display con indicadores (depende del modelo)
- Conexión 1 y 2 kVA: clavija y contactos NEMA 5-15R, 3 ~ 15 kVA: clemas de conexión en la entrada y la salida

Problemas que resuelve: Alto voltaje momentáneo, Bajo voltaje momentáneo, Alto voltaje sostenido, Bajo voltaje sostenido, Ruido eléctrico, Picos de voltaje



## 2.3 Relevadores de voltaje

Este tipo de equipos se utiliza cuando se desea modificar el voltaje, ya sea de un voltaje de entrada de 110 ac (corriente alterna) a uno de 220 ac, o viceversa. Se suele hacer uso de este equipo debido a que los barcos de precedencia europea por lo general usan voltaje 220 ac, en cambio los barcos de origen americano u asiático usan 110-127 ac por lo que en ocasiones hay que homologar el voltaje ac para el uso de dispositivos electrónicos.

El relé es un interruptor que permite la apertura y cierre electrónicamente de un circuito. Tiene como característica el uso de electromagnetismo de bajo voltaje para suministrar voltajes más altos. Maneja dos contactos: NO, normalmente

abierto, y NC, normalmente cerrado. Cuando el voltaje de entrada se aplica a través de su bobina, NC cambia a NO y NO cambia a NC. EL relé está energizado cuando se suministra voltaje de entrada. El relé puede usarse ampliamente, desde circuitos electrónicos donde hay necesidad de protección, ya que puede salvar de daño a un equipo detectando anomalías, como: sobrecargas, baja corriente, sobre corriente, etc.



Los relevadores presentan tres funciones básicas por realizar que son:

- Control On/Off
- Control de Limite
- Operaciones Lógicas

Permite el control de un dispositivo a distancia. No se necesita estar junto al dispositivo para hacerlo funcionar.

Es activado con poca corriente, sin embargo, puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.

Con una señal de control, se puede controlar varios relés a la vez.

## 2.4 Multipuertos DB9 (INTERFACES)

El principal propósito de un multipuerto tipo DB9 es el de aumentar la cantidad de puertos disponibles en la computadora de trabajo, lo que resulta indispensable en computadoras y portátiles que no cuentan con el hardware necesario; pueden ser de expansión o coprocesadores. Permiten mayor velocidad de transferencia en los puertos, por lo que son de interés en aplicaciones de tiempo real, además de liberar al PC de ejecutar las tareas de comunicación. Este tipo de puertos, es un dispositivo que permite ampliar la cantidad de puertos disponibles en una computadora; actualmente esta característica es fundamental pues prácticamente todos los dispositivos cuentan con una conexión a través de este método.

Este tipo de multipuertos sirven para intercomunicar los dispositivos GPS, girocompás y otros mediante protocolos NMEA transfiriendo información de un dispositivo hacia la computadora y a su vez al programa de navegación de tal modo que se puede visualizar la información de los dispositivos de forma gráfica en el programa de navegación.



## 2.5 Videosplitter y Videoextender

### Videosplitter

La palabra «splitter» se deriva del inglés «split» que tiene como significado partición. Un splitter tiene como función dividir (o duplicar) la señal de una sola fuente origen a varias más. Un ejemplo es cuando se proyecta una imagen en una PC que se requiere replicar en otros dispositivos, por ejemplo, en otros monitores, para que más usuarios puedan acceder a la información que se desea mostrar.

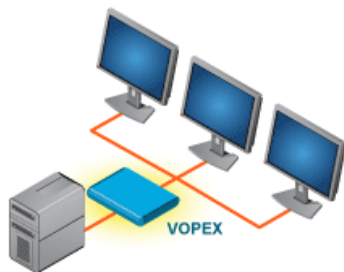


Diagrama función Videosplitter

### Videoextender

El videoextender es el dispositivo que permite transportar la señal de un punto a otro sobre cable de red. Ideal para distancias grandes, se puede usar en muchas configuraciones como la extensión punto a punto, la distribución de uno a muchos. Así, las señales de vídeo pueden modificarse desde cualquier fuente a cualquier pantalla; y con ello se superan las restricciones de distancia entre dispositivos.



- Transmitir
- Recibir

Derivado de que de la transmisión de información a través de este tipo de puertos es asíncrona, la comunicación permite enviar datos por una línea y a la vez recibir datos por otra línea.

Las características más importantes de la comunicación serial son:

- velocidad de transmisión
- número de bits de datos
- número de bits de paro

La velocidad de transmisión (baud rate) hace referencia al número de bits por segundo que se transfieren entre dos dispositivos, y se mide en baudios (bauds).

El conector serial RS-232 es utilizado para una amplia diversidad de intenciones, tales como conectar hardware: ratón, impresora o modem, así como instrumentos industriales o dispositivos como GPS, ecosondas, girocompases electrónicos, etc.

**Funciones de los Pines del RS232**

DB9	DB25	MISIÓN	DEFINICION
1	8	DCD	Deteccion portadora de datos
2	3	RxD	Recepcion de Datos
3	2	TxD	Transmision de Datos
4	20	DTR	Terminal de Datos Listo
5	7	GND Signal	Circuito Común
6	6	DSR	Dispositivo de Datos Listo
7	4	RTS	Peticion de Envio
8	5	CTS	Dispositivo de Datos Listo
9	22	RI	Indicador de llamada (Ring)

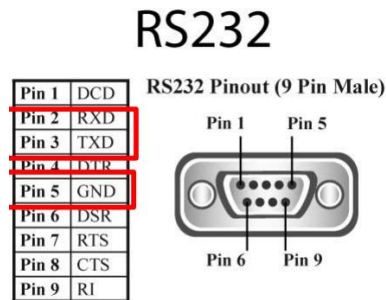


Imagen 1. Sitios de emplazamiento por columnas.

## PROTOCOLO RS-422

El protocolo RS-422 se caracteriza por usar señales eléctricas diferenciales. Este tipo de transmisión, que utiliza dos líneas para transmitir y recibir, tiene como ventajas que puede ser resistente al ruido y es capaz de lograr distancias mayores (en comparación con el protocolo RS-232), los cuales son características primordiales en ambientes y usos industriales.



función de pines de un conector para protocolo RS-422

## PROTOCOLO RS-485

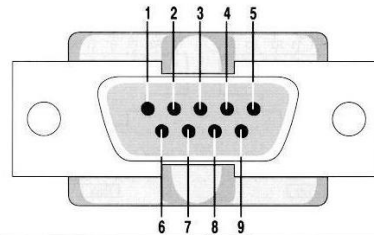
La interfaz RS-232 permite la comunicación punto a punto, pero este método no permite la conexión en red. Entonces, para resolver este problema, se ha producido un nuevo estándar RS-485. La señal de datos RS-485 utiliza transmisión diferencial, también conocida como transmisión balanceada. Utiliza un par de pares trenzados, uno de los cuales se define como A y el otro se define como B.

En general, el nivel positivo entre los emisores A y B es de +2 a +6V, que es el estado lógico, y el nivel negativo es de -2 a 6V, que es el otro estado lógico. También hay una señal de tierra C, que tiene una terminación de "habilitación" en RS-485, que está disponible y no está disponible en RS-422.

La interfaz RS485 es una combinación equilibrada de controlador y receptor, que tiene una buena interferencia anti-ruido. la distancia máxima de transmisión de la interfaz RS485 es de 1200 m (9600 bps), que en realidad es de hasta 3000 m.

La interfaz RS-485 permite conectar hasta 128 transceptores. Los usuarios pueden crear fácilmente una red de dispositivos utilizando una única interfaz RS-485.

La velocidad máxima de transferencia de datos de RS-485 es de 10 Mbps, una red semidúplex que consta de una interfaz RS485, generalmente solo se requieren dos líneas de señal.



función de pines de un conector para protocolo RS-485

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

## 2.7 Conector DB9, DB25 Y CABLE COAXIAL

### Conector DB9

Este conector anteriormente se conocía como DE-9, y tiene como características ser un conector analógico de 9 clavijas (pertenecce a la familia de conectores D-Subminiature, D-Sub o Sub-D). Principalmente se utiliza en conexiones en serie, puesto que realiza una transmisión asíncrona de datos ( de acuerdo con lo establecido en la norma RS-232 (RS-232C)). Se utiliza para los módulos de DB9 Angulo, o para ciertas aplicaciones de conexión. También se puede ocupar para el cable serial o cables de uso gamer.

Es importante saber cómo concertarlo para cada ocasión, ya que también puede servir como salida de video del VGA.

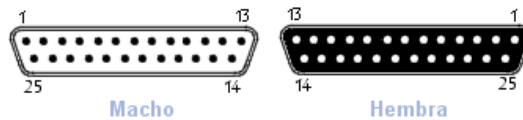


## DB25

Este conector, conocido originalmente como DE-25, tiene como características ser un conector analógico de 25 clavijas (perteneciente a la familia de conectores D-Subminiature (D-Sub o Sub-D)).

Así como el conector descrito anteriormente, este se usa para realizar conexiones en serie, puesto que puede realizar transmisión asíncrona de datos, tal como lo establece la norma RS-232 (RS-232C). Otra característica que tiene es que también puede usarse en conexiones por el puerto paralelo.

A fin de evitar confusiones, los puertos en serie DB25 de los equipos generalmente tienen conectores machos y los conectores de puerto paralelo son conectores hembra DB25.



Número de clavija	Nombre
1	_STR: Strobe
2	D0 - Bit de datos 0
3	D1: Bit de datos 1
4	D2: Bit de datos 2
5	D3: Bit de datos 3
6	D4: Bit de datos 4
7	D5: Bit de datos 5
8	D6: Bit de datos 6
9	D7: Bit de datos 7
10	ACK: Reconocimiento de transmisión
11	Ocupado
12	Sin papel
13	Seleccionar

14	Alimentación automática
15	Error
16	Reinicio
17	Seleccionar entrada de datos
18	Conexión a tierra
19	Conexión a tierra
20	Conexión a tierra
21	Conexión a tierra
22	Conexión a tierra
23	Conexión a tierra
24	Conexión a tierra
25	Conexión a tierra

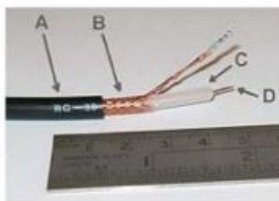
## Cable coaxial

Este es un cable que se usa para transmitir señales eléctricas de alta frecuencia.

El nombre coaxial deriva de la contracción “common access” o “acceso común al medio”, debido a que dentro del cable son dos conductores los cuales comparten un acceso común.

De los dos conductores concéntricos, el central (alma o vivo) es el que lleva la información mientras que el conductor exterior, de aspecto tubular (malla, blindaje o trenza), sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes.

La conformación de este cable es la siguiente: el conductor central lo conforma ya sea un alambre sólido o varios hilos retorcidos de cobre, mientras que el conductor exterior puede ser una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o de aluminio. Entre ambos conductores existe una capa aislante denominada dieléctrico. Todo el conjunto está protegido por una cubierta aislante que se le nombra chaqueta exterior.



- A: Cubierta protectora de plástico
- B: Malla de cobre (conductor blindado de cobre)
- C: Aislante (dieléctrico de espuma)
- D: Conductor central (o núcleo de cobre)

Características diferenciadoras de los tipos de cable

- RG-58/U: Núcleo de cobre sólido.
- RG-58 A/U: Núcleo de hilos trenzados.
- RG-58 C/U: Especificación militar de RG-58 A/U.
- RG-59: Transmisión en banda ancha, como el cable de televisión.
- RG-60: Mayor diámetro y considerado para frecuencias más altas que RG-59, pero también utilizado para transmisiones de banda ancha.
- RG-62: Redes ARCnet.

## 2.8 DVI, VGA y corriente alterna e interna

### DVI

El significado de DVI es: interfaz de video digital (por su sigla en inglés).

La interfaz DVI es una tecnología popular de video, que se diseñó a fin de mejorar la calidad de las pantallas planas de LCD, así como las tarjetas gráficas de video. Con esta acción se reemplazó el enchufe estándar así como la pantalla de corta duración, y se optimizó el formato digital para los paneles planos anteriores. Este tipo de interfaz se ha vuelto muy popular entre los fabricantes de tarjetas de video, y actualmente prácticamente todas las tarjetas incluyen uno o dos puertos de salida DVI, convirtiéndose en la interfaz estándar para las computadoras, mientras que para medios de alta definición, actualmente, es más común la interfaz HDMI.



## VGA

El conector VGA (Video Graphics Array) es un conector que tiene tres filas de 15 pines; se le puede encontrar en tarjetas de vídeo, monitores de ordenador y en televisores de alta definición. En ordenadores portátiles u otros dispositivos pequeños, se utiliza un puerto mini-VGA.

Los conectores y cables VGA transportan señales de vídeo analógico por componentes RGBHV (rojo, verde, azul, sincronización horizontal, sincronización vertical) y datos del canal de datos de visualización.



## Corriente alterna y corriente directa

La corriente alterna es aquella en la que el flujo de la carga eléctrica varía en su magnitud, es decir el valor del voltaje, así como en su sentido o la dirección del voltaje, alternándose en períodos de tiempo determinados.

Las variaciones generadas resultan en oscilaciones; la más común es la oscilación senoidal, que es aquella que genera una eficiente transmisión de la energía, lo que ha llevado a que sea la más utilizada.

Las ventajas que tiene esta corriente alterna son, entre otras:

- Más eficiencia de generadores, en comparación con la corriente continua.
- En los transformadores pueden generarse cambios más seguros y económicos de tensión e intensidad.
- Se puede transportar energía a mayores distancias y a alta tensión con una menor cantidad de conductores eléctricos.

- Mediante el uso de transformador permite un mayor rango de voltajes.
- Puede convertirse en corriente continua mediante el uso de un rectificador.
- Se pueden desaparecer o disminuir los riesgos y fenómenos asociados al uso de la energía eléctrica, así como corrosiones electrolíticas y magnetización de piezas metálicas.

Por otro lado, la corriente directa es conocida como corriente continua; en este tipo de corriente la dirección de la carga eléctrica no cambia, por lo que su trayectoria va del polo positivo al polo negativo.

Anteriormente se había considerado que la corriente directa no era tan eficaz como la corriente alterna; sin embargo, actualmente este tipo de corriente tiene diversas aplicaciones, como por ejemplo en el campo de la electrónica.

Otro aspecto importante es que el perfeccionamiento de la corriente directa de alta tensión ha sustituido a la corriente alterna en proyectos de gran tamaño, como por ejemplo, los cables submarinos que están instalados en largas trayectorias en el fondo marino.

Entre algunas de las ventajas de esta corriente directa se pueden mencionar:

- Es posible almacenarla en baterías, con ello se puede tener un abastecimiento de energía para diversos dispositivos, aparatos, o máquinas.
- Dichas baterías pueden ser recargables la mayoría de las veces.
- En cuanto a la seguridad, brinda mayor confianza que la corriente alterna.
- Puede usarse mediante cables que transfieren la electricidad a voltajes bajos.

	Corriente alterna	Corriente directa
Definición	Es un tipo de corriente con flujo eléctrico variable.	Es un tipo de corriente cuyo flujo eléctrico se mantiene constante.
Origen	1832, por Hippolye Pixii.	1800, por Nicola Volta.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor eficiencia de uso.</li> <li>• El transporte de energía es más económico.</li> <li>• Aprovechamiento con fines domésticos e industriales.</li> <li>• Se puede convertir a corriente directa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se almacena en forma de baterías.</li> <li>• Es más segura.</li> <li>• Permite su uso en múltiples dispositivos sin depender de una conexión.</li> </ul>
Aplicaciones	Alumbrado público.	Baterías de auto.

## 2.9 Sentencia NMEA, aplicaciones e instalaciones

GPS: información de sentencia NMEA

La NMEA, que significa Asociación Nacional de Electrónica Marina, se compromete a mejorar la tecnología y la seguridad de la electrónica marina a través de la capacitación de instaladores y los estándares de interfaz.

Estas sentencias o cadena de datos nos permiten elegir qué características queremos obtener de los dispositivos ya sea DGPS, girocompás o cualquier otro dispositivo que nos proporcione información necesaria para la navegación, posicionamiento u otra función de nuestro trabajo.

A continuación, se presentan las cadenas de datos que generalmente son ocupadas, su significado y formato:

- GPGGA : datos fijos del sistema de posicionamiento global
- GPHDT - Rumbo, verdadero
- GPVTG - Seguimiento realizado y velocidad
- GPZDA - Fecha y hora

## GPGGA: Datos de corrección del sistema de posicionamiento global

Nombre	Datos de ejemplo	Descripción
Identificador de oración	\$ GPGGA	Datos de corrección del sistema de posicionamiento global
Hora	170834	17:08:34 Z
Latitud	4124.8963, N	41d 24.8963 'N o 41d 24' 54 "N
Longitud	08151.6838, W	81d 51.6838 'W o 81d 51' 41 "W
Calidad de reparación : - 0 = No válida - 1 = Fijación de GPS - 2 = Fijación de DGPS	1	Los datos provienen de una posición de GPS
Número de satélites	05	5 satélites a la vista
Dilución horizontal de precisión (HDOP)	1,5	Precisión relativa de la posición horizontal
Altitud	280,2, M	280,2 metros sobre el nivel medio del mar
Altura del geoide sobre el elipsoide WGS84	-34,0, M	-34,0 metros
Tiempo desde la última actualización de DGPS	blanco	Sin última actualización
ID de la estación de referencia DGPS	blanco	Sin identificación de estación
Suma de comprobación	* 75	Utilizado por el programa para comprobar si hay errores de transmisión

Ejemplo:

GGA, hhmss.ss, llll.ll, a, yyyyy.yy, a, x, xx, xx, xx, M, xx, M, xx, xxxx

hhmss.ss = UTC de la posición

llll.ll = latitud de la posición

a = N o S

yyyyy.yy = Longitud de la posición

a = E o W

x = Indicador de calidad GPS (0 = no fijo, 1 = GPS fijo, 2 = Dif . GPS fijo)

xx = número de satélites en uso

xx = dilución horizontal de precisión

xx = altitud de la antena por encima del nivel medio del mar

M = unidades de altitud de la antena, metros

xx = separación geoidal

M = unidades de separación geoidal, metros

xx = edad de datos de GPS diferencial (segundos)

xxxx = ID de estación de referencia diferencial

GPHDT: Encabezado, Verdadero.

Rumbo real del barco en grados True producido por cualquier dispositivo o sistema que produzca rumbo verdadero.

\$ - HDT, xx, T

xx = Rumbo, grados Verdadero

GPVTG: Pista bien hecha y velocidad de avance.

eg1. \$ GPVTG, 360.0, T, 348.7, M, 000.0, N, 000.0, K \* 43

eg2. \$ GPVTG, 054.7, T, 034.4, M, 005.5, N, 010.2, K

054.7, T True track mejorado

034.4, M Pista magnética mejorada

005.5, N Velocidad respecto al suelo, nudos

010.2, K Velocidad respecto al suelo, Kilómetros por hora

EJEMPLO: GPVTG, t, T ,,, s.ss, N, s.ss, K \* hh

1 = Pista corregida

2 = El texto fijo 'T' indica que la trayectoria corregida es relativa al norte verdadero

3 = no utilizado

4 = no utilizado

5 = Velocidad sobre el suelo en nudos

6 = El texto fijo 'N' indica que la velocidad sobre el suelo en nudos

7 = Velocidad sobre el suelo en kilómetros / hora

8 = El texto fijo 'K' indica que la velocidad sobre el suelo está en kilómetros / hora

9 = suma de comprobación

La pista real hizo buena y velocidad relativa al suelo.

VTG: xx, T, xx, M, xx, N, xx, K

xx, T = Track, grados True

xx, M = Track, grados Magnético

xx, N = Velocidad, nudos

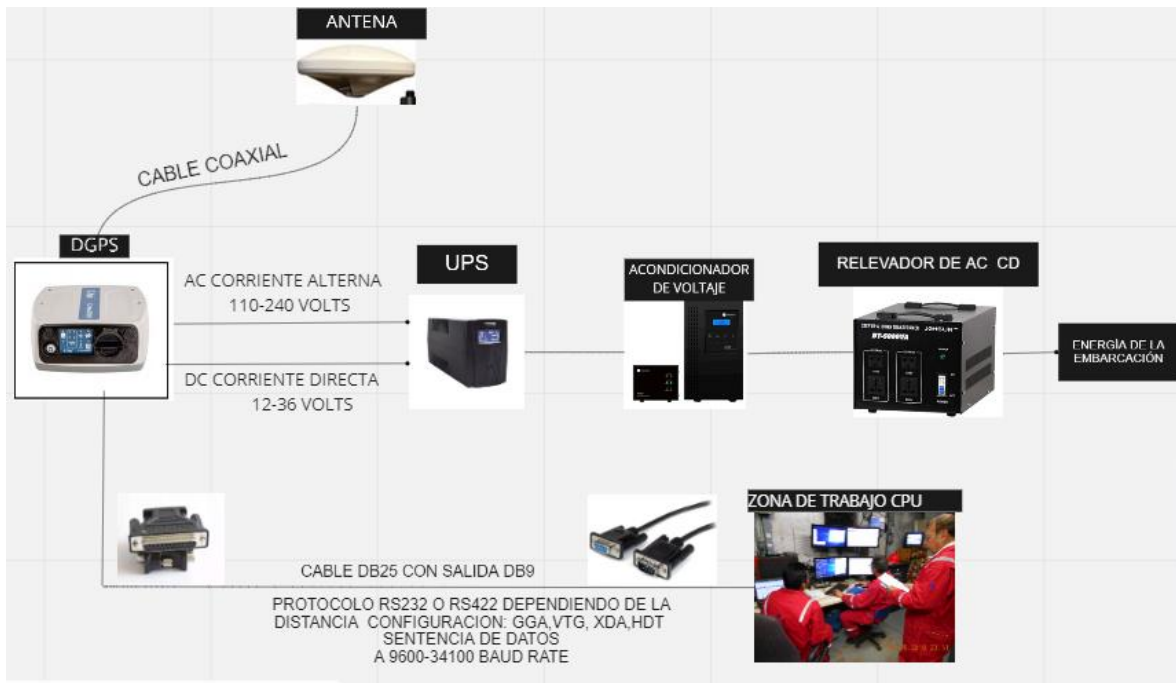
xx, K = Velocidad, Km /hora

GPZDA: Fecha y hora

UTC, día, mes, año y zona horaria local.

**Instalaciones**

**DGPS a PC**



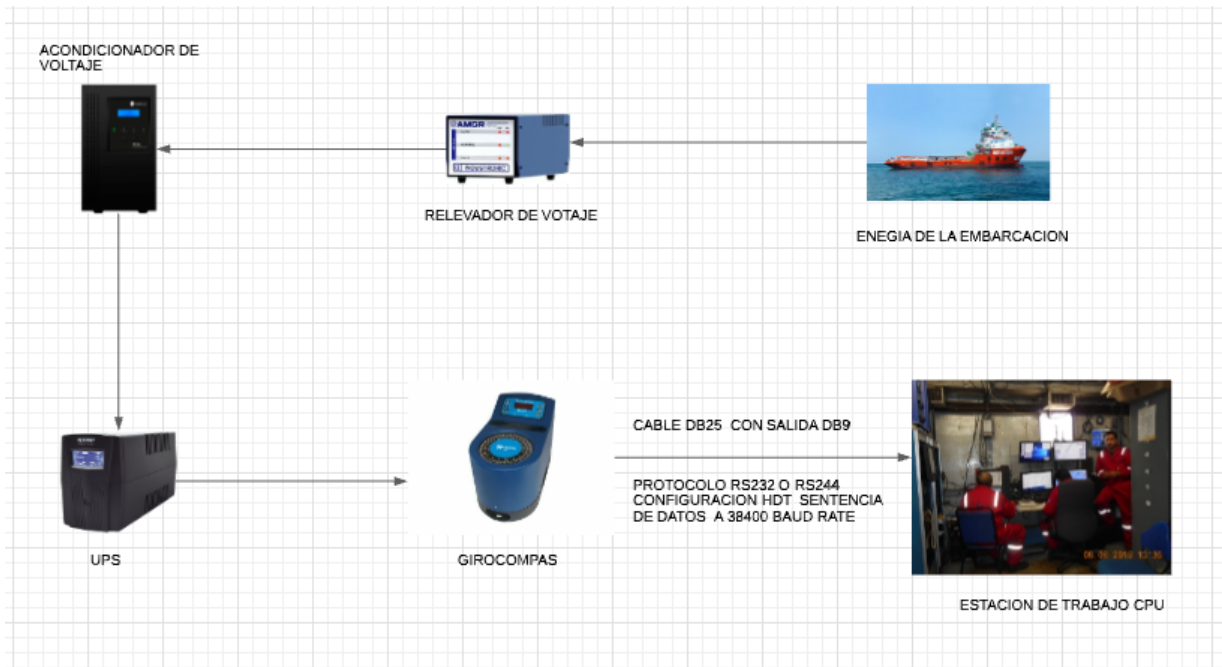
Al instalar la antena DGPS, la ubicación es importante, no debe ser obstruida por alguna estructura que no le permita tener buena recepción, obviamente se considera que se cuente con el largo de cable necesario para su conexión al receptor o display.

Para el resto del equipo en la zona de trabajo debemos asegurarnos que tipo de alimentación de energía tenemos (220 ac, 110 ac), y de ser necesario se utilizara los relevadores, el o los acondicionadores de voltaje son imprescindibles en toda instalación para proteger a los equipos, es importante poner los dispositivos en lugares firmes, secos y preferentemente bien sujetos o atornillados debido a que en lugares con vibración podrían generar una caídas, daños en los equipos, así como fallas.

Otro punto importante es la temperatura, por el uso constante de los equipos en lapsos importantes de tiempo sin una buena refrigeración pueden sobrecalentarse y **PRESENTAR FALLAS**, por eso es conveniente contar con aire acondicionado en la zona de trabajo y poder así mantener la temperatura de los equipos.

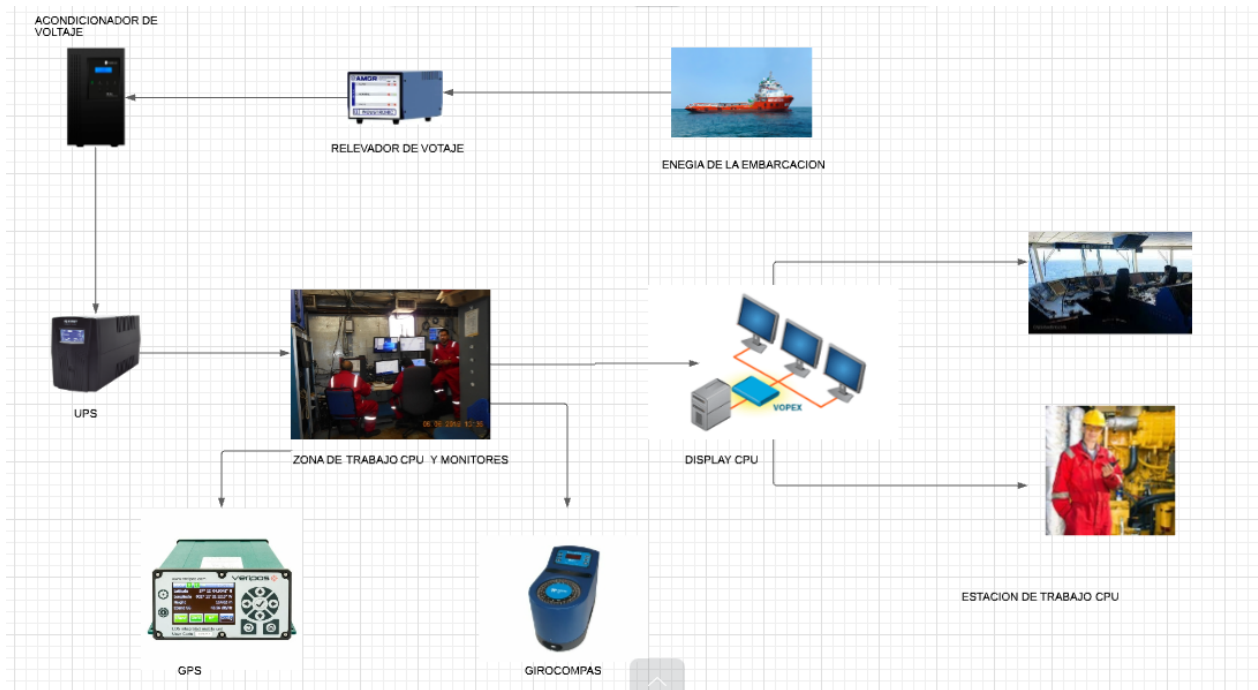
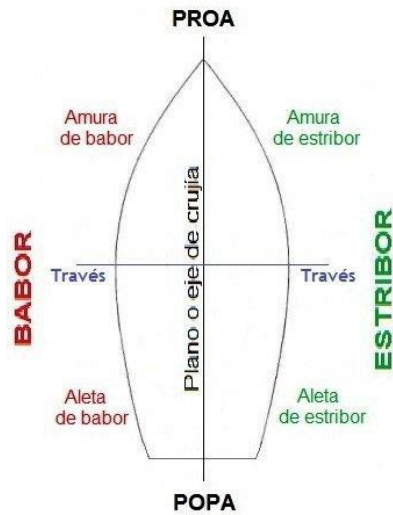
Estas disposiciones son aplicables para todos los equipos que se mencionaran

## Girocompas



EL girocompás tiene integrado varios puertos DB25 esto quiere decir que es capaz de dar información a varios dispositivos a la vez sin necesidad de un multipuertos.

En la instalación del girocompás la alineación es un tema delicado, éste debe ser alineado de acuerdo a la línea de crujía de la embarcación, no estar alineado correctamente podría provocar errores en la presentación de la información y con ello causar confusión cuando se interpreta o se toman decisiones en base a la misma, este dispositivo es alineado con ayuda algún otro dispositivos de rumbo que se encuentran abordo así como de un levantamiento físico para obtener la línea de crujía y trasladarla para alinear el girocompás.



Todos los dispositivos son enlazados en la zona de trabajo a través de un CPU y monitores. por lo general una de las pantallas lleva conectado un video splitter para replicar la señal a otros monitores en otra área del barco dependiendo de las distancias se usará un video extender o no.

Se recomienda usar de 3 a 4 monitores, cada pantalla muestra información independiente y se presenta a requerimiento del cliente cada operador de posicionamiento trabaja de diferentes maneras, pero es recomendable llevar un respaldo general de (CPU, monitores extra, drivers, software, etc.) así mismo es recomendable crear periódicamente back up de bases de datos, configuraciones, e información generada.

Es recomendable también que la zona de trabajo sea lo más confortablemente posible para los operadores de posicionamiento debido a que se trabajan en horarios extensos inclusive por más de doce horas continuas.

## Capítulo 3. Software QINSY

### 3.1 Resumen WGS84, proyección UTM

QINSY requiere una configuración tanto en México como a nivel global, se usa como sistema de referencia wgsWGS84 que es el estándar para la navegación, con el fin de que si compartes alguna ubicación con alguna embarcación de algún otro país puedan llegar al mismo punto.

En México todas las embarcaciones mercantes utilizan este elipsoide de referencia, pero dependiendo de la normativa de cada país o región las embarcaciones deben de ajustarse a las normativas para el uso de alguna proyección cartográfica en particular.

De acuerdo con la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), una de las atribuciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), es realizar acciones para que la información del SNIEG sea comparable en el tiempo y en el espacio. Esta comparabilidad se logra mediante una correcta georreferenciación de la información que se genera, es por ello por lo que el INEGI debe poner a disposición de los usuarios y generadores de información geográfica un marco de referencia para que todos los estudios geográficos estén vinculados a él (INEGI, 2019).

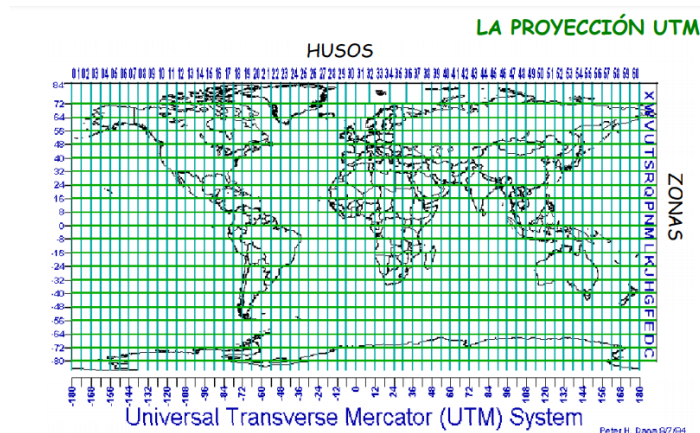
Según INEGI el sistema WGS84 (World Geodetic System 1984), fue creado por el gobierno de los Estados Unidos de América desde 1987, es también un sistema de referencia global desarrollado a partir de observaciones satelitales (INEGI, 2019).

Los Marcos de Referencia son la materialización de los sistemas de referencia; esta se efectúa mediante puntos establecidos sobre la superficie terrestre, que son directamente accesibles para su ocupación u observación (INEGI, 2019).

Las bases del marco de referencia en nuestro país es el conjunto de estaciones GNSS permanentes que conforman la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), en las que se captan los datos de las constelaciones GNSS las 24 horas de los 365 días del año, y a partir de las cuales se densifica el marco geodésico horizontal a las miles de marcas o monumentos distribuidos en toda la República que conforman la red geodésica pasiva. La RGNA está conformada a la fecha por 31 estaciones que registran los datos de los satélites de las constelaciones GPS, GLONASS y Galileo (INEGI, 2019).

¿Qué es el un sistema de proyección UTM?

Es el sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) que permite ubicar cualquier punto en la tierra mediante el uso de una proyección cilíndrica sobre la cual se representa la superficie de la Tierra en un plano determinado.



Las características generales de esta proyección UTM son que cuenta con 60 usos, de 6° de amplitud longitudinal ( $60^{\circ} \times 6^{\circ} = 360^{\circ}$ ) los usos se enumeran de 1 a 60, comenzando por el meridiano 180° (el opuesto al de Greenwich) en cada huso se definen 20 zonas o bandas (de 8° de latitud excepto la X con 12°). Para ello se ha seguido la dirección de Sur a Norte y se ha empezado por la letra C siguiéndose el alfabeto suprimiéndose las vocales y las letras que pueden confundirse con un número (la B, la O y la letra P).

La proyección UTM posee las siguientes características:

- Proyección cilíndrica, es decir, la imagen del globo terráqueo se proyecta en una superficie cilíndrica.
- Proyección transversa: La superficie cilíndrica es tangente a la superficie terrestre según un meridiano. El eje medio del cilindro coincide con el eje del ecuador.
- Proyección conforme: es decir, mantiene el valor de los ángulos tanto en la proyección como en el elipsoide terrestre.

El uso de cartografía en esta área es para la facilidad de medición directa de la pantalla de los sistemas a los planos tipo CAD para obtener distancias en metros,

es decir pasamos de latitud, longitud a medir en X, Y o mejor dicho en Norte y Este.

Es poco práctico trabajar en grados o sexagesimales, sin embargo, también se puede hacer si es que lo llegan a necesitar los capitanes que son los encargados de navegación, pero en cuestiones de ingeniería las distancias de offset u otros objetos la requerimos en metros sobre un plano que viene siendo nuestra embarcación.

El sistema QINSY también requiere que le carguen los objetos formas de las embarcaciones y/o puntos de medición y control (layback) por ejemplo; los nodos son puntos de referencia dentro de estos objetos, así mismo los sistemas son cada uno de los elementos por donde ingresara la información de los dispositivos (DGPS, sonares, ecosondas, etc.) para la determinación de la posición, profundidad, desplazamiento y etc. dependiendo de cada dispositivo.

Los objetos son las formas embarcaciones (generalmente con vista en planta), los puntos layback u objetos independientes son puntos con características de movimiento y nos sirven para saber cuáles son las coordenadas X,Y de la tubería submarina en el transcurso del tendido, y por ultimo.

Los nodos son puntos determinados sobre el objeto. Se determinan midiendo los offset desde el punto de referencia de la embarcación en los ejes x, y, su finalidad es dar referencia de distancias entre nodos y algún punto particular en tiempo real sobre la embarcación al momento de ir navegando.

Para los sistemas, el DGPS se debe de configurar la salida de datos para que entregue una cadena de datos GGA, GGL, HDT y PPS mencionadas anteriormente. Estos sistemas nos mandan la información de la posición (latitud, longitud) dependiendo de la ubicación donde se instale físicamente, se medirán los offset respecto al punto de referencia de la embarcación para ubicar con precisión la posición de la antena dentro del objeto. Por otro lado, el girocompás para la embarcación no nos pide offsets ya que este equipo entrega sus datos relativos a la orientación en donde se instala el dispositivo. QINSY da la opción de ajustar por el hecho que en ocasiones no es posible alinear el dispositivo físicamente con tal precisión respecto a la embarcación, el giro

compas se debe de ajustar y hacer la verificación de que el alineamiento es correcto entre el dispositivo y la embarcación.

### **3.2 Introducción Primera estación, Inicio de Stinger y Touch Down Point (TDP)**

Estos puntos son nodos, pero estos tres en específico son de vital importancia en este proyecto. Nos da salida de datos que son coordenadas en cada uno de esos nodos que nos sirve para saber la posición de las juntas de la tubería submarina en el lecho marino.

Previo al inicio de los trabajos de tendido, se debe contar con el material suficiente, que permita desarrollar el tendido sin paros o contratiempos por falta de estos. Hay una serie de estaciones por las cuales pasa la tubería antes de poder llegar al lecho marino. Estas estaciones se encargan de hacerle tratamientos a la tubería con el fin de verificar que cuenta con los parámetros necesarios para poder depositar la en el lecho marino según la normativa vigente.

Antes de iniciar las actividades de tendido se deben verificar que los siguientes sistemas y equipos que estén en posición y en óptimas condiciones para el inicio de las operaciones, esto cabe mencionarlo, no son sistemas que interfieran con el tema del control horizontal o vertical, sino más bien con el proceso de construcción de la tubería

- El sistema de la cama de alineamiento de la tubería (conveyor)
- La estación de alineamiento (line-up-station)
- La estación de soldadura
- La estación de RX
- Las tensionadoras
- El malacate de abandono y recuperación de la línea
- El sistema de inyección de poliuretano (o de cualquier otro método empleado)
- Los tapones de abandono e inicio con sus válvulas
- El detector de doblez
- Alineador interior
- Poly pig de limpieza

- Equipo de ultrasonido
- Equipo de partículas magnéticas

### 3.2.1 Primera estación

**Primera estación:** punto de referencia inicial para el tendido de tubería submarina a partir de esta estación vamos haciendo el seguimiento de la tubería en cada estación, el hecho de tener los nodos de la primera estación y el inicio del stinger nos permite generar una relación con el número de juntas y número de tubos. (según los datos del proyecto).



### 3.2.2 Sistemas, equipos y estaciones

#### El sistema de la cama de alineamiento de la tubería



(conveyor).

*Sistema por el cual la tubería es transportada y alineada para cada una de las estaciones*

#### Estación de soldadura

En esta estación los segmentos de tubo se unen para formar una tubería, conforme la tubería se va soldando avanzará a la estación de abandono donde se sumergirá al lecho marino.



### **Sistema de inyección de poliuretano (o de cualquier otro método empleado)**

Es un revestimiento externo para la protección contra la corrosión y de flotabilidad negativa y funciona también para sofisticados sistemas de aislamiento térmico.

El polietileno de tres capas (3LPE) ofrece protección de las tuberías cuando las temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}/-104^{\circ}\text{F}$  y  $85^{\circ}\text{C}/185^{\circ}\text{F}$ , mientras que el polipropileno de tres capas (3LPP) se recomienda para temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}/-68^{\circ}\text{F}$  y  $110^{\circ}\text{C}/230^{\circ}\text{F}$ .



### **Estación de RX**

En esta estación se revisa con un escaneo de rayos x, el segmento de tubo para localizar algún tipo de falla, agrietamiento o falta de revestimiento.

## **Equipo de ultrasonido y Equipo de partículas magnéticas**

Estos dos equipos se relacionan o tienen una función de seguridad, el primero busca fallas, agrietamiento y orificios que pudieron generarse en el transcurso del tendido, cabe recalcar que durante las estaciones en los que se hacen los tratamientos de las tuberías se hacen intermitentes revisiones de seguridad dependiendo la empresa, por otro lado, el equipo de partículas magnéticas genera una especie de película protectora interna que sella alguna imperfección pequeña.

## **Tensión**

Prueba de tensión. Esta consiste en realizar la prueba de esfuerzo entre el ancla de muerteo el cable de acero, el tapón de inicio y las maquinas tencionadoras. con el fin de comprobar que se cuenta con la tensión mínima requerida para el proyecto de tal modo que se compruebe que el ancla de muerteo no se garreo (no se desplazó) y la posición del tapón de inicio cumpla con las coordenadas establecidas en el proyecto cuando esté está pasando por el inicio del stinger y considerando la ganancia que se tendrá por la catenaria que tiene el cable, es entonces que se establece la correcta instalación del ancla y tensión para iniciar el tendido de la tubería.

Esto es debido a que cuando la tubería entra al océano no cae verticalmente al fondo, como la tubería se va soltando por tramos esta va generando lo que denominan ganancia o catenaria sin la tensión del ancla la tubería se posicionaría en coordenadas diferentes a las marcadas al proyecto y como es un proyecto de alta precisión debe acatar los parámetros establecidos.

Podríamos comparar este efecto como el que sucede al medir con cinta largas distancia, la cinta se pandea y para tratar de eliminar ese pardeamiento aplicamos tensión a la cinta.

La tensión en este proceso es delicada en las embarcaciones tienen montadas máquinas y unos instrumentos para controlar la tensión y en coordinación con los oficiales y operador de la tencionadora cada vez que avanza la embarcación se verifica que se mantenga la tensión de proyecto durante cada paso.

Las tensionadoras funcionan abrazando el tubo a lo largo de cierta sección y mediante un sistema de orugas lo mueven hacia el interior de la embarcación para incrementar la tensión o hacia afuera de la embarcación para disminuirla si la tensionadora fallara o el cálculo de la tensión para el proyecto estuviera más

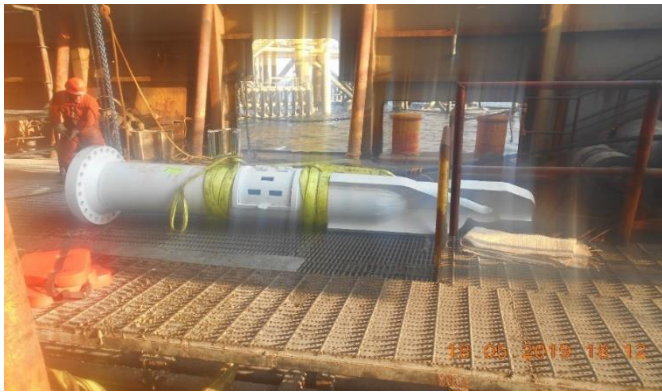
podría causar que la tubería se flexionara en un Angulo muy cerrado y esto podría causar un sobre esfuerzo a las juntas y doblar la tubería a modo que se fisure y se inunde la misma, inevitablemente en estos casos la línea colapsa y se conoce en términos prácticos como “tubería chupada” lo cual nos lleva a un proceso de recuperación de línea en casos como estos. igualmente se plantea la posibilidad de un abandono y recuperación de la línea cuando por motivos meteorológicos y de seguridad, la embarcación debe navegar a un puerto o área segura hasta que pase el mal tiempo.



TENCIONADORAS

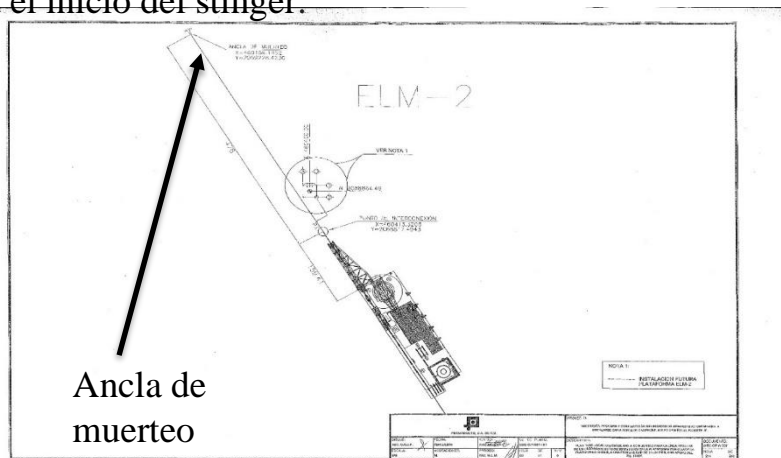
## Tapón de inicio y fin

Tapón de inicio y de abandono: es una estructura el cual va al inicio y al final de la tubería tiene un doble en forma de gancho con el fin de enlazarlo con un cable de acero que a su vez se conecta con él ancla de muerteo y sirve para retener la tubería a modo de generar tensión entre la misma que se va soltando al lecho marino y la embarcación a través de las tensionadoras. Esto para evitar dobleces que dañen la tubería durante el proceso en que desciende al lecho marino, conforme va avanzando el barco la embarcación la tubería se va uniando y el tapón de inicio avanza llegando al inicio del stinger y así sucesivamente hasta el lecho marino.



### 3.2.3 Ancla de muerteo

El ancla de muerteo: se posiciona con precisión en el lecho marino ya que esta será el punto de referencia para el inicio del tendido de la tubería. Una vez depositada el lecho marino y conectada mediante un cable de acero con una longitud determinada por el departamento de ingeniería del proyecto, se conecta al tapón de inicio y así a los primeros tramos de tubería soldada desde la primera estación hasta el inicio del stinger.



### **3.2.4 Recuperación de línea**

Es el procedimiento por el cual recuperan algunos tramos de la tubería ya tendida por algún tipo de falla o filtración que ésta hubiera tenido.

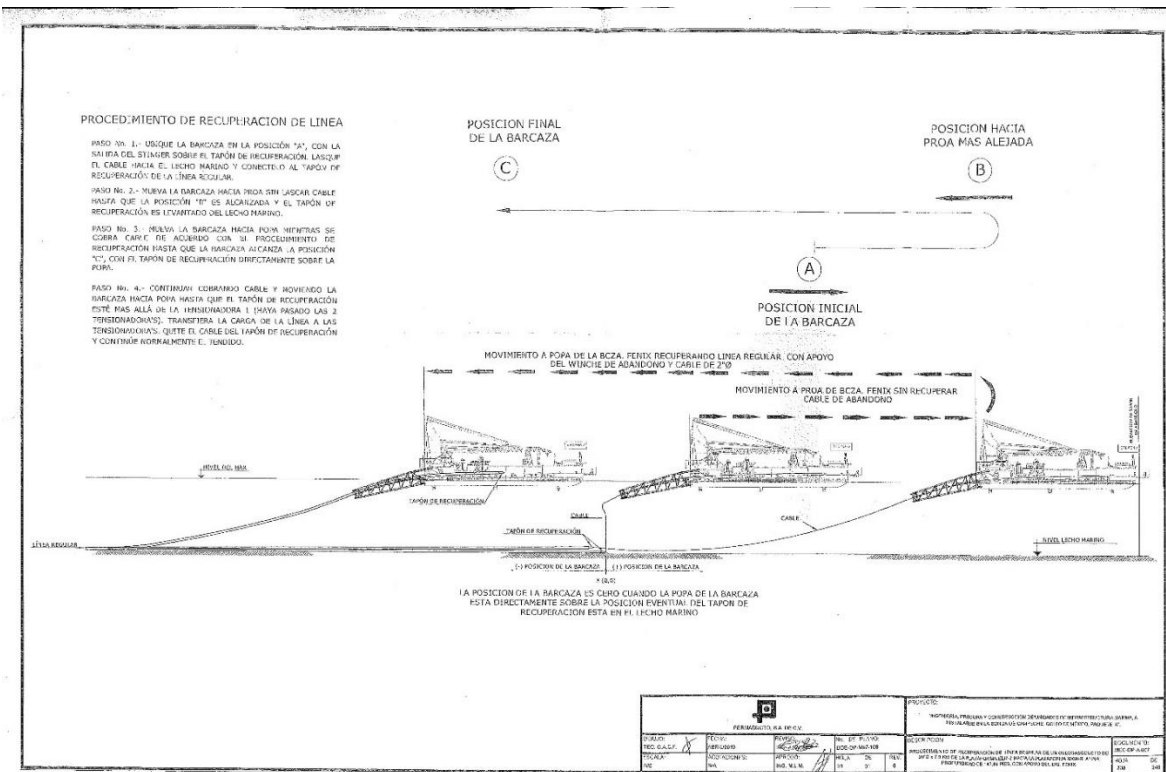
El procedimiento consiste en 4 pasos, este procedimiento viene en los planos que nos proporcionan el departamento de Ingeniería.

Paso 1: ubicar la barcaza en la posición A, con la salida del stinger sobre el tapón de recuperación. Las que el cable hacia el lecho marino y conéctelo al tapón de recuperación de la línea regular

Paso 2: mueva la barcaza hacia proa sin lascar el cable hasta que la posición B es alcanzada y el tapón de recuperación es levantado del lecho marino.

Paso 3: mueva la barcaza hacia popa mientras se cobra cable de acuerdo con el procedimiento de recuperación hasta que la barcaza alcanza la posición C con el tapón de recuperación directamente sobre la popa

Paso 4: continuar cobrando cable y moviendo la barcaza hacia popa hasta que el tapón de recuperación este más allá de la tensionadora 1 (haya pasado las 2 tensionadoras ) transfiera la carga de la línea a las tensionadoras. Quite el cable del tapón de recuperación y continúe normalmente el tendido.



### 3.3 Stinger

Inicio del stinger: es el mismo lugar que la popa de la embarcación nos determina la posición del inicio y final del tendido de tubería a partir de este punto la tubería recorre la estructura llamada stinger que tiene una cierta curvatura e inclinación y funciona para ayudar a la tubería a tomar el ángulo necesario para que valla depositándose en el lecho marino considerando la tensión calculada y no sufra sobre esfuerzos, esto nos sirve para saber la relación de juntas entre la primer estación y el inicio del stinger. conociendo la distancia entre primera estación e inicio de stinger (nodos medidos con poca precisión) sabremos cuantas juntas y tubos caben en este tramo, y así mismo podemos saber cuántas juntas y tubos debe de haber desde la primera estación hasta que hacen Touch Down en el lecho marino, ya que la distancia del Touch Down también es conocida porque la entrega el departamento de Ingeniería. una vez que la tubería entra al agua no hay forma de supervisarla físicamente, por lo tanto, se lleva el control proyectando la línea usando como referencia los movimientos en primera estación y en inicio de stinger. en otras palabras, se calcula que entre primera estación y Touch Down Point debe haber 19 juntas, por ejemplo, entonces

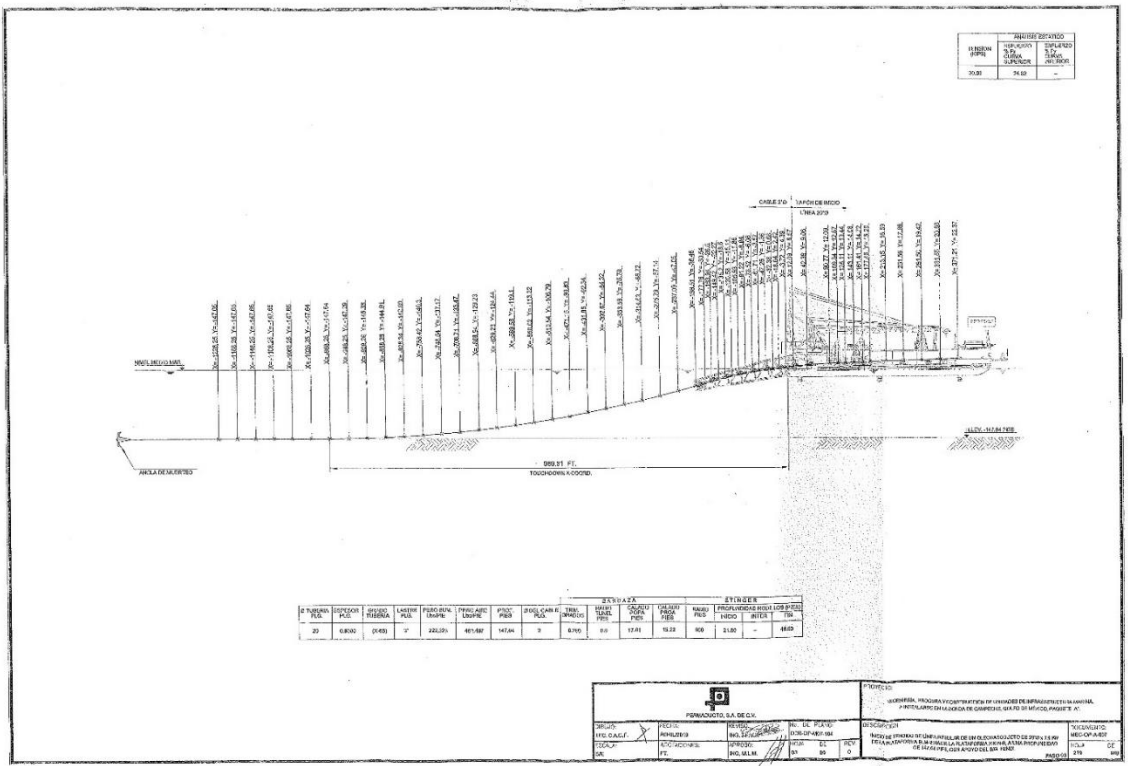
cunando tenemos en primera estación la junta 19 tenemos en el lecho marino la junta uno y así sucesivamente la 20 en primera y la dos en Touch Down .



### **3.4 Touch Down Point**

Es el punto donde el tapón de inicio de la tubería toca el fondo marino y nos sirve para calcular la proyección junta tras junta durante todo el tendido de la tubería.

El ancla de muerte genera tensión a la tubería para que el tapón de inicio en este caso el primer punto más cercano al ancla toque en las coordenadas solicitadas, el resto de los puntos son las juntas consecutivas de la tubería, conforme avanza la embarcación se van soldando una a una las juntas y atreves del stinger se van soltando al océano.



### 3.5 Ingeniería

Toda la información y características para la construcción e instalación del tendido de tubería, las proporciona el departamento de ingeniería por parte del cliente.

La información más relevante que se utiliza es la longitud promedio de la tubería, el control geométrico del proyecto (coordenadas inicial y final) coordenadas del ancla de muerteo o pilote de succión, coordenadas del tapón de inicio y abandono, longitud del touch down, profundidades de lecho marino a lo largo del proyecto, ganancias de cables y tubería, tensiones de trabajo para cada etapa de la instalación.



## PERMADUCTO, S.A. DE C.V.

SONDA DE CAMPECHE, A 03 DE MAYO DE 2019  
N.I.I. FENIX-UIMA/002/2019

### NOTA INFORMATIVA

AT'N: CAP. HUGO MORALES MORALES  
Capitán de B/G Fénix  
ING. JAVIER SABALA BARRAGAN.  
Jefe de Máquinas de B/G Fénix  
T.B.I. JULIAN LEON RODRIGUEZ  
Suptle. de buceo B/G Fénix  
ING. RICARDO GABRIEL VELA MENDOZA.  
Cia. Dragon Fish.

CONTRATO: 640858814

OBRA: "INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES DE INFRAESTRUCTURA MARINA A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO. PAQUETE A".

ASUNTO: ENTREGA DE INFORMACIÓN PARA EL TENDIDO DE LÍNEA DE 20" Ø X 7.9 KM. APROX. DE LA PLATAFORMA FUTURA ELM-2 HACIA LA PLATAFORMA XIKIN-B.

Con relación a los trabajos de tendido de la línea de 20" Ø x 7.9 km. aprox. de la plataforma futura ELM-2 hacia la plataforma XIKIN-B., se hace entrega de la siguiente información correspondiente a la ejecución del proyecto en mención.

1. El inicio del tendido se considera en el KP 0+000 con el tapón de inicio en cercanías de la plataforma futura ELM-2 y finalizando en el KP 8+104.071 en plataforma PP-XIKIN-B con una longitud total de tendido aproximada de 8,104.071 m.
2. Coordenadas de Inicio de Tendido en WGS 84 (Tapón en Lecho marino): X= 460,396.138 Y= 2'068,807.273.
3. Perfil de tendido normal de L.R. de 20" Ø con B/G Fénix de acuerdo a MEC-OP-A-007 Rev. 00, anexos al presente documento.
4. Las coordenadas de abandono de línea regular de 20" Ø serán: X= 466,313.296 Y=2'063, 692.818.
5. Tensión durante el tendido de línea regular ver tabla 1.
6. Coordenadas aprox. del ancla de muerteo será: X= 460,169.1452 Y= 2'069,228.4230 con una longitud de cable de 585.806 mts. (Anexo dibujo DDE-OP-M07-101, Inicio de línea regular, aprobado por PEP.
7. Tensión de prueba del ancla de muerteo será a 174,000 Lbs.
8. La longitud mínima del cable del ancla de muerteo es de: 1,921.93 ft (585.806 m) y 2" de diámetro.
9. Profundidad del lecho marino durante el tendido: -147.64 ft (45 m).
10. Los trabajos durante el tendido se realizarán con 01 sección del Stinger.
11. El espesor de la tubería del KP 0+000.00 AL KP 8+104.071 será de 0.938".
12. El espesor del lastre de concreto será de 3.0".
13. Calado de la embarcación en POPA es de 17.01 ft (5.18m) y en PROA es de 15.22 ft (4.64m).  
*NOTA: Es importante que durante las actividades del tendido se mantengan los calados, compensando diariamente el peso de la tubería utilizada con el lastre.*
14. Trím de la embarcación es de 0.280 grados.
15. Peso de la tubería en el aire para espesor de tubería de 0.938" y lastre de 3.0": 665.58 lbs/ft (992.0 kg/m).
16. Peso de la tubería vacía sumergida para espesor de tubería de 0.938" y lastre de 3.0": 352.173 lbs/ft (524.56 kg/m).
17. Ganancia del cable del ancla de muerteo de 2" Ø es de: 6.79 ft (2.07 m)
18. Longitud promedio de la tubería 12.27 m.
19. Secuencia de abandono y cambios de tensión. Ver tabla 2.0

Página 1 de 3



TRANSICIÓN DEL TENDIDO DE LA LÍNEA DE 20" Ø  
N.I.I. FENIX-UIMA/002/2019



**PERMADUCTO, S.A. DE C.V.**

SONDA DE CAMPECHE, A 06 DE DICIEMBRE DE 2018  
N.I.I. - FENIX-UIM-A-001

Se anexan los siguientes documentos:

- Dibujo inicio de tendido de línea de 20" Ø x 7.9 Km. De plataforma futura ELM-2 hacia plataforma XIKIN-B No.: DDE-OP-M07-104, HOJA 1 A LA 9.
- Dibujo de tendido normal de línea de 20" Ø x 7.9 Km. De plataforma futura ELM-2 hacia plataforma XIKIN-B No DDE-OP-M07-105, HOJA 1 DE 1.
- Dibujo de abandono y recuperación de línea de 20" Ø x 7.9 Km. De plataforma futura ELM-2 hacia plataforma XIKIN-B No.: DDE-OP-M07-106, HOJA 1 A LA 10
- Alineamiento de línea de 20" Ø x 7.9 Km. De plataforma futura ELM-2 hacia plataforma XIKIN-B No.: D-PP-ELM2-Q-200 REV.0

**TABLA 1.0**

Profundidad durante el tendido (Pies)	Touchdown (Pies)	Radio de curvatura barcaza (Pies)	Radio de curvatura del Stinger (Pies)	Ganancia de la tubería.	Tensión de tendido (Kips)	Espesor de lastre de Concreto (Pulg)	Espesor de la Tubería (Pulg)
147.64 ft (45 m)	562.55 ft (171.47 m)	000	900	25.97 ft (7.92 m)	145	3.0	0.938

**TABLA No. 2.0**

Secuencia de Inicio de Línea Regular de 20" Ø a una profundidad 147.64 ft (45.0 m) iniciando con el tapón de inicio en la Popa de la Barcaza.

Paso No.	Distancia por recorrer de la barcaza (m).	Distancia del tapón a la popa de la Barcaza (m).	Tensión (Kips).
0	Se mueve la barcaza hacia POPA, Asegurar cable de 2" Ø del ancla de muerteo al tapón de inicio y mover la barcaza hacia proa considerando los cambios de tensión tal como se especifica en la tabla.		
1	0	0	30
2	11.20	7.5	40
3	38.76 (49.96)	45.63	50
4	10.83 (60.79)	56.11	65
5	61.19 (121.98)	112.42	85
6	36.58 (158.56)	147.44	130
7	20.56 (179.12)	159.47	145
CONTINUAR CON EL TENDIDO NORMAL DE LA LINEA			



## PERMADUCTO, S.A. DE C.V.

SONDA DE CAMPECHE, A 06 DE DICIEMBRE DE 2018  
N.I.I. - FENIX-UIM-A-001

Secuencia de abandono de Línea Regular 20"Ø y 3.0" espesor de lastre a una profundidad 147.64ft (45.00 m)  
Iniciando con el tapón de abandono en la Popa de la Barcaza.

Paso No.	Distancia por recorrer de la barcaza (m).	Distancia del tapón a la popa de la Barcaza (m).	Tensión (Kips)
1	Asegurar cable de 2" Ø del winche de abandono al tapón y mover la barcaza hacia proa hasta que el tapón este en el último rodillo de popa, mantener una tensión de 145 KIPS*.		
2	0	3.7	135
3	24.38	20.64	130
4	36.58 (60.96)	56.15	110
5	12.19 (73.15)	66.04	90
6	24.38 (97.53)	86.65	75
7	12.19 (109.72)	96.89	55
8	12.19 (121.91)	107.57	35
9	36.58 (158.49)	147.08	15
Continuar avanzando a proa bajando la tensión a cero.			
10	Mover la barcaza hacia popa hasta que esta, se encuentre sobre el tapón de abandono, desconectar el cable y recuperarlo a cubierta.		

NOTA: \*\* CAMBIAR A ESTA TENSIÓN ANTES DE INICIAR EL PROCESO DE ABANDONO (ANTES DE PASAR LA TENSIÓN AL WINCHE DE ABANDONO, EN LA PRIMERA ESTACIÓN).

Sin más por el momento quedamos de usted para cualquier duda o comentario.

ATENTAMENTE

ING. RAMÓN CÁRDONA ALMAZÁN  
SUPTTE. DE CONSTRUCCIÓN B/G FENIX

ING. SANTIAGO MARÍN DE LA CRUZ  
ING. DE CAMPO ABORDO B/G FENIX

C. c. p. ARCHIVO.

Página 3 de 3

grupo proteasa  
DIVISION INDUSTRIA PERROLERA  
+529980944860

### 3.6 Preparación e instalación de equipo de posicionamiento

Una vez equipo y personal a bordo de la embarcación designada para ejecutar el trabajo de construcción e instalación de la tubería submarina (para este proyecto en particular será B/G FENIX). Sus características son las siguientes:

#### B/G FÉNIX



Número IMO: **8757477**

Nombre: **FENIX**

Vessel Type -  
Generic: **Other**

Vessel Type -  
Detailed: **Crane Barge**

Estado: **Activo**

MMSI: **345070338**

Identificativo de  
llamada: **XCAH2**

Bandera: **Mexico [MX]**

Arqueo bruto: **18588**

DWT Verano : **10608 t**

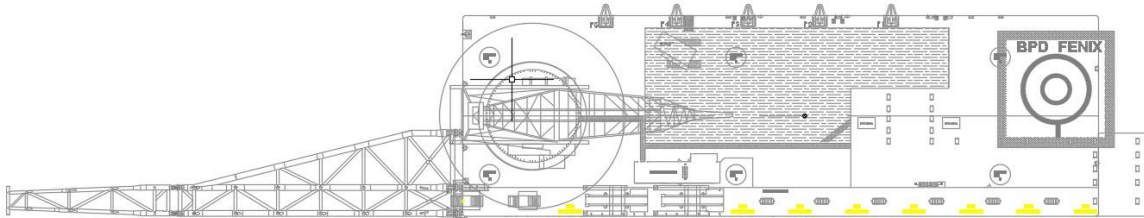
Eslora Total x Manga

Máxima: **121.57 x 43 m**

Año de construcción: **1967**

Puerto base: **CIUDAD DEL CARMEN**

Se debe medir la embarcación con un nivel de precisión topográfica (+ - 0.01 en XYZ) con el objetivo de obtener un modelo digital de la misma que corresponda con sus medidas reales, así como referenciar los puntos de interés (posición de primera estación, posición de inicio y final de stinger, posición de la antena GPS, y de cualquier otro punto de interés como son grúas y anclas, todo en un sistema local de referencia donde el origen debe ser el punto central popa de la embarcación.



### 3.6.1 Diagramas de instalación del equipo

Se debe buscar la mejor locación para instalar la antena GPS donde esté libre de obstrucciones en su bóveda para tener la mejor recepción de señal de satélites.

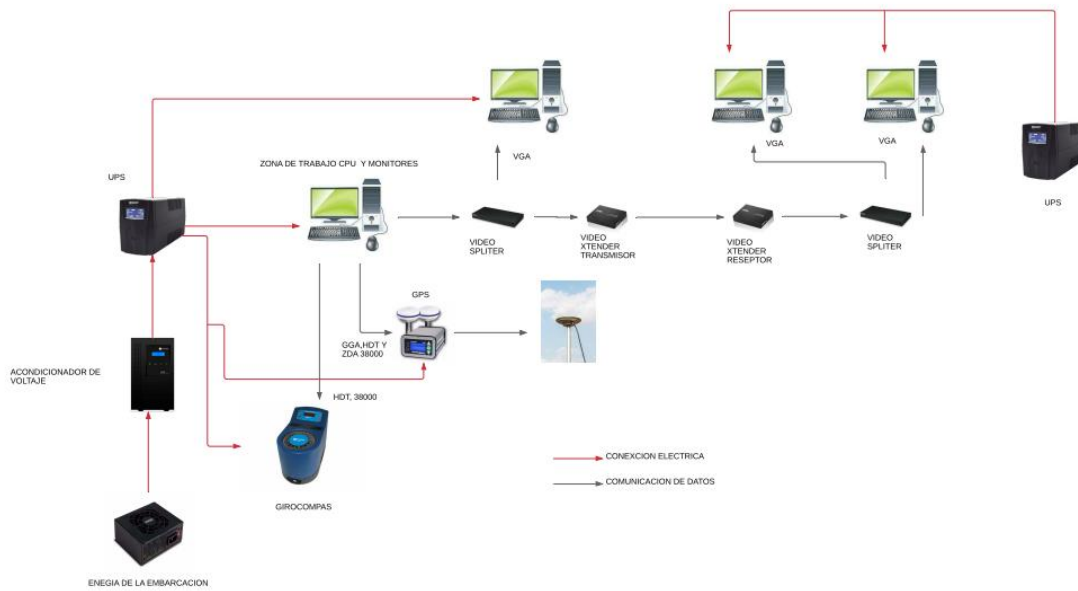
Considere la longitud máxima de los cables hasta el receptor o display del GPS

Para la instalación del giro compas debe considerar que la alineación de éste equipo debe coincidir con la línea de crujía de la embarcación de tal modo que no haya una diferencia en el ángulo, entre el giro compass y la embarcación. Si es necesario hacer alguna medición extra para comprobar la instalación se debe hacer. De haber una mala instalación puede derivar en errores en el cálculo de la posición de la tubería en el lecho marino.

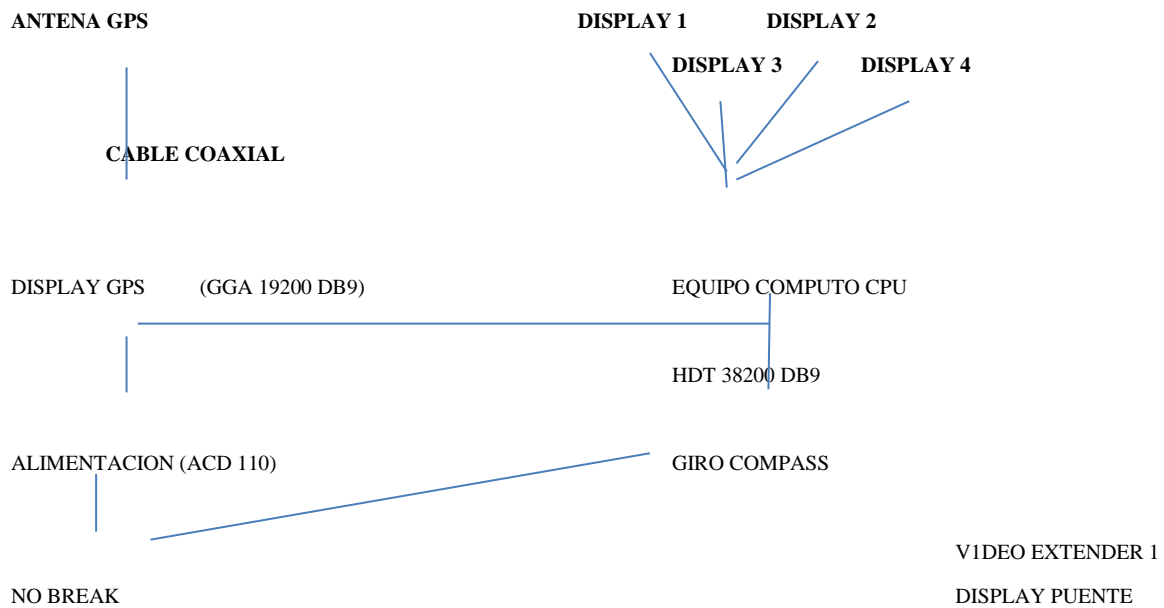
En cuanto a los repetidores de video, la señal principal que salga del programa de navegación (QINSY) debe considerarse que la señal debe ser enviada a los diferentes lugares dentro de la embarcación que lo requiera, puente de mando es un punto obligado, operador de tencionadora, en caso de ser una embarcación de anclas, la señal se debe mandar para que los operadores de winches la tengan, así como superintendencia y supervisión entre otros.

En cuanto la locación donde si instalara el equipo de cómputo y donde los operadores del software de posicionamiento QINSY trabajaran, ésta debe de tener comunicación con el puente de mando y/o operadores de winches ya sea directa o por radio. En este lugar se tendrá el giro compas, display de GPS, equipo de cómputo e impresora.

La interconexión y configuración de equipos al equipo de cómputo se hace equipo por equipo, el esquema de conexiones debe ser así:



### 3.6.2 Configuración de sistemas



ACONDICIONADOR DE VOLTAJE

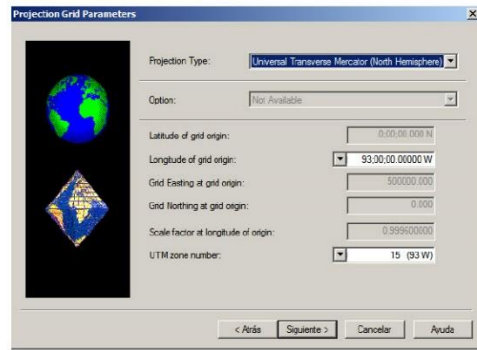
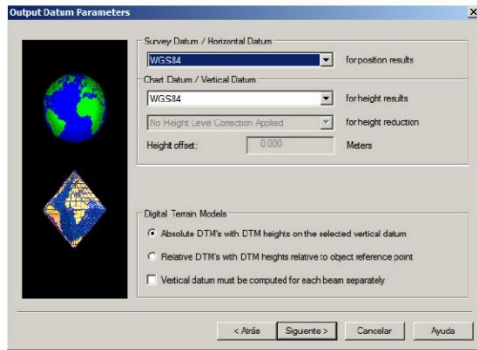
RE ELEVADOR DE VOLTAJE

VIDEO EXTENDER 1

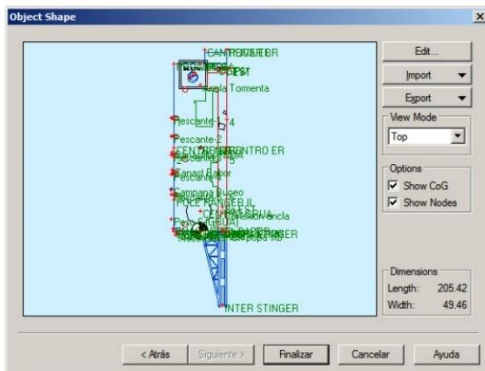
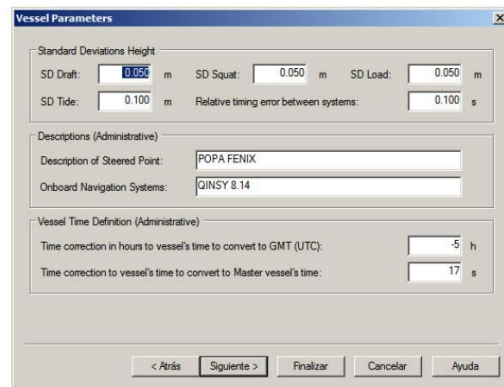
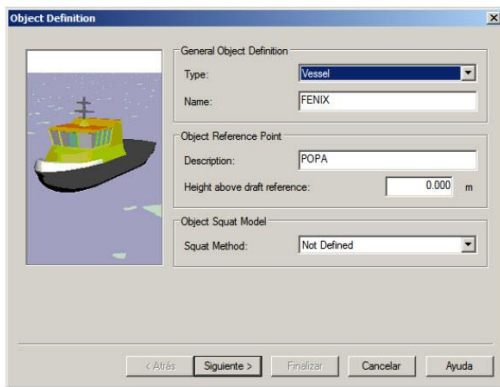
DISPLAY SUPERINTENDENCIA

Configuración del programa de navegación:

Parámetros geodésicos y cartográficos (QINSY)

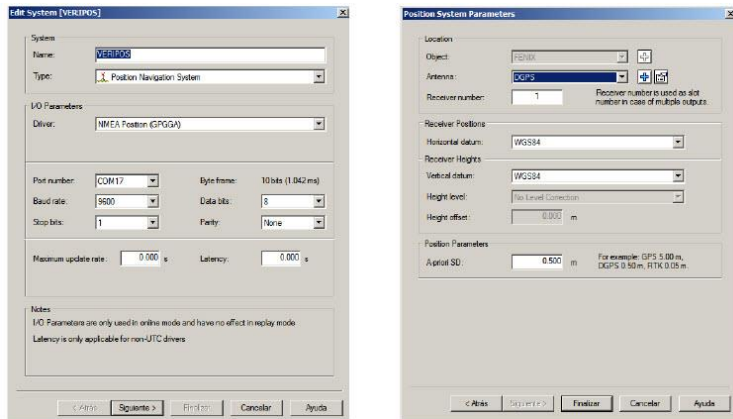


Configuración del modelo de la embarcación

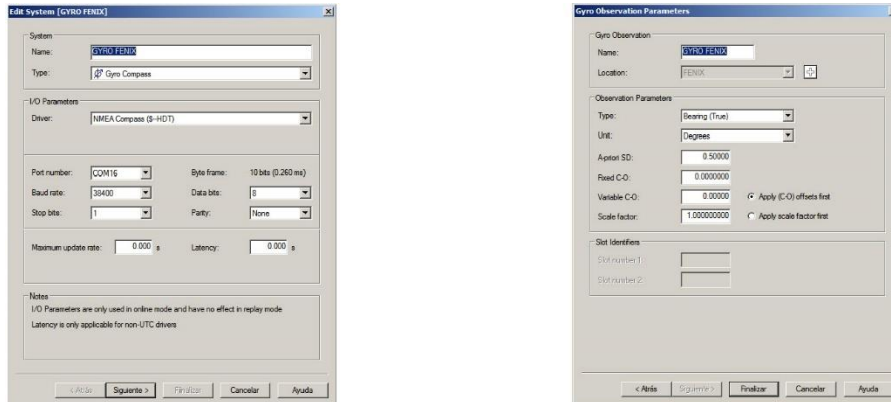


## Configuración de los sistemas (GPS, giro compass, sistemas auxiliares)

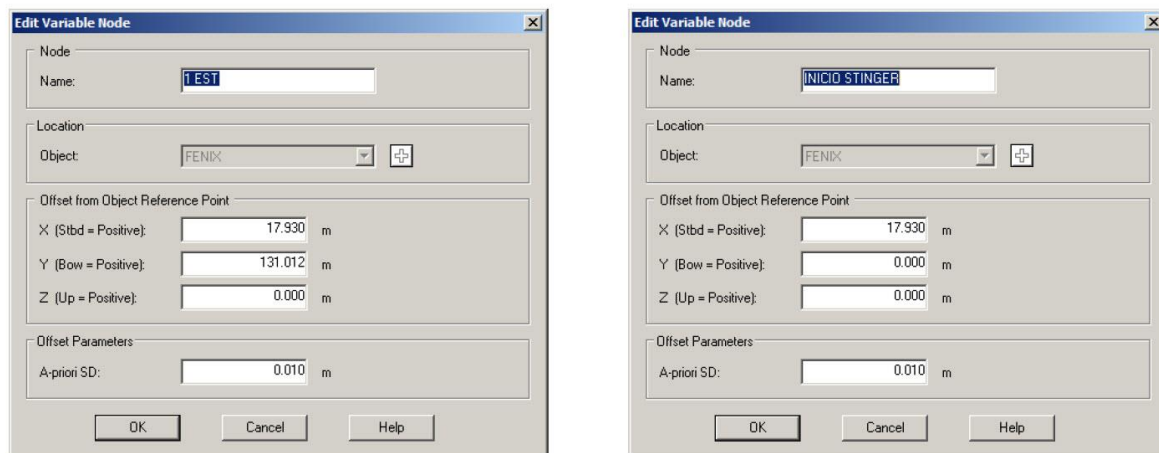
### Configuración para DGPS



### Configuración para giro compass

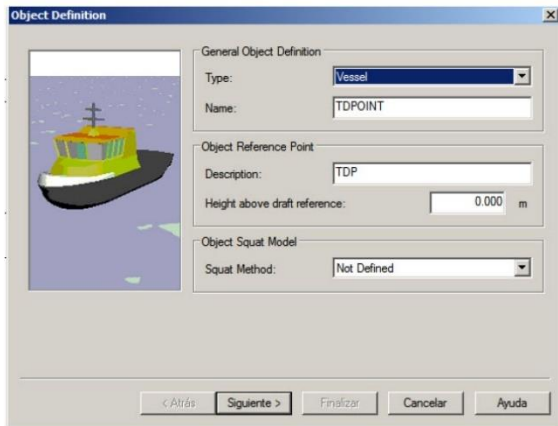


### Configuración de nodos en el software

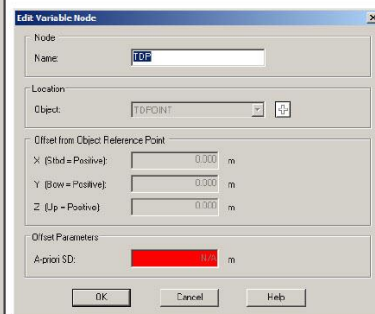
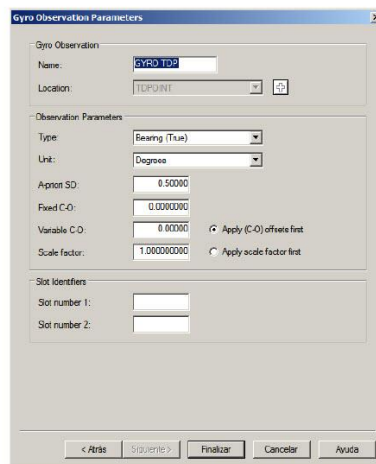
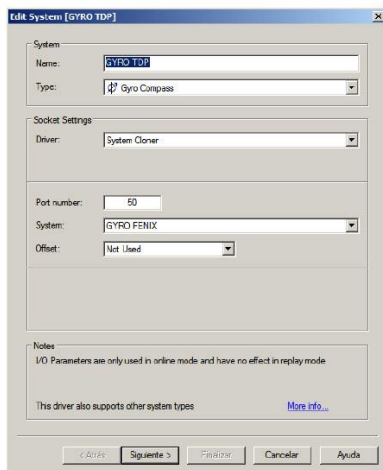
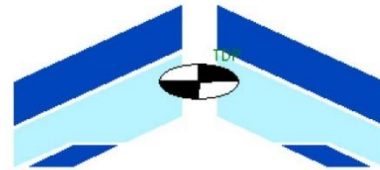


## Configuración para sistema auxiliar Touch down point

Se crea como otra embarcación adicional el objeto TDP

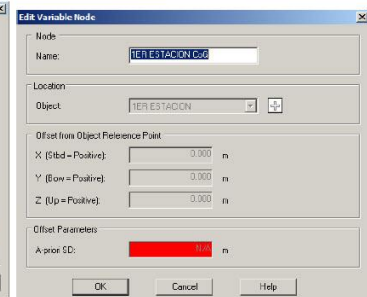
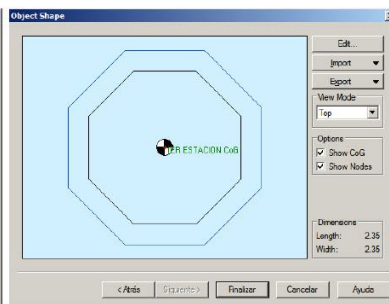
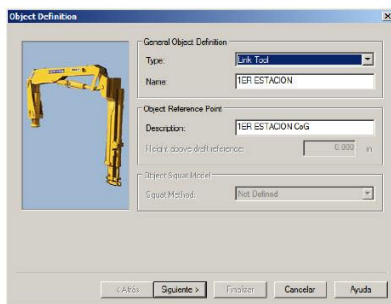


Se crea el objeto TDP y se le da una forma donde se pueda apreciar que esta sobre la línea de proyecto, por ejemplo:

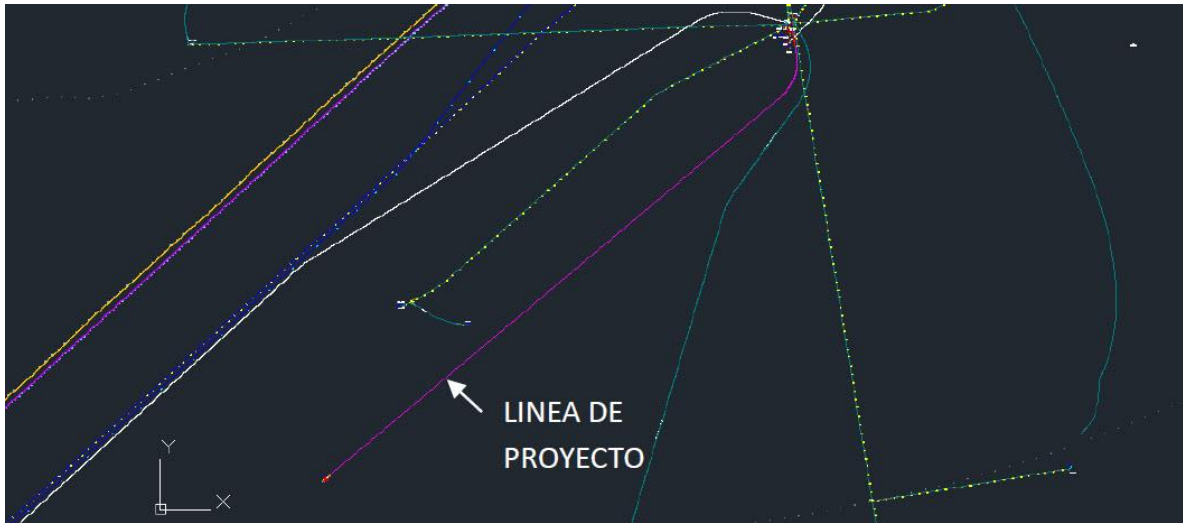


## Configuración para sistema auxiliar primera estación

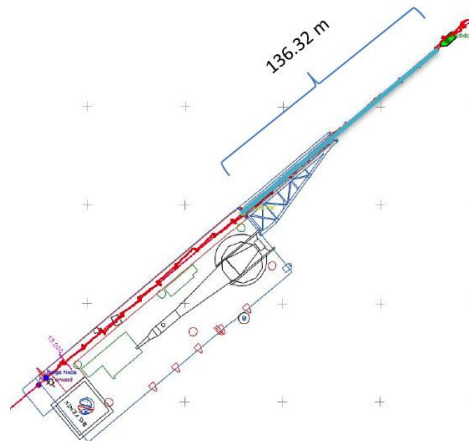
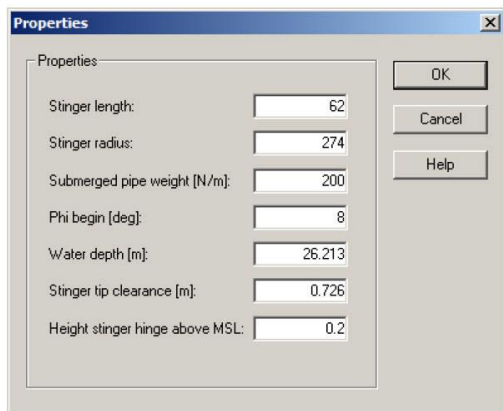
Se crea como otro objeto adicional (1ra estación)



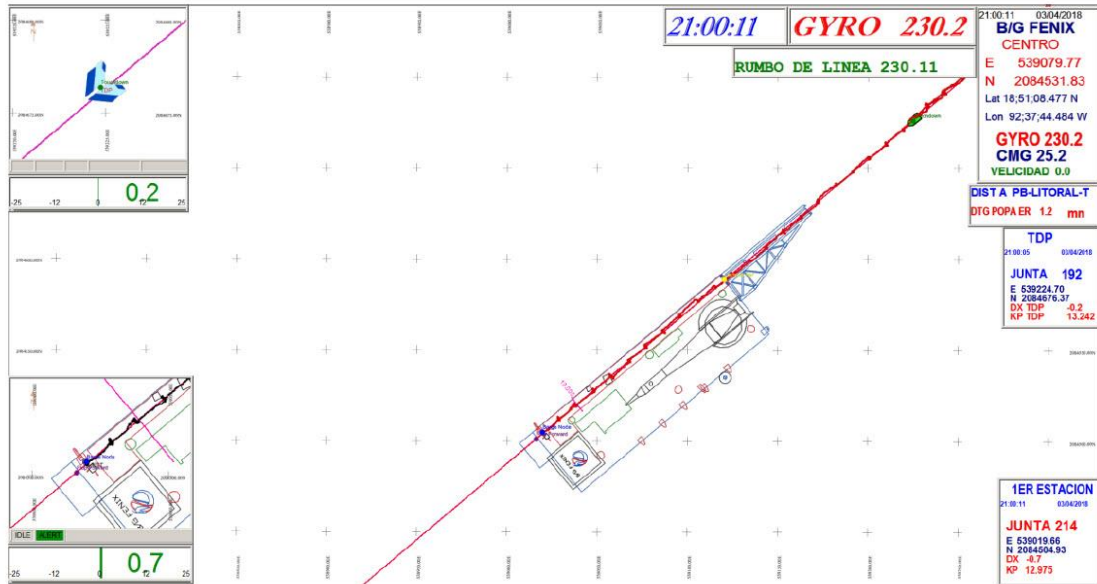
Se instala en QINSY la ultima base de datos de PEP que contiene la infraestructura existente (Formato DWG)



Se configura la distancia del TDP a partir de la información de ingeniería en QINSY



## Ejemplo de la interface final en QINSY



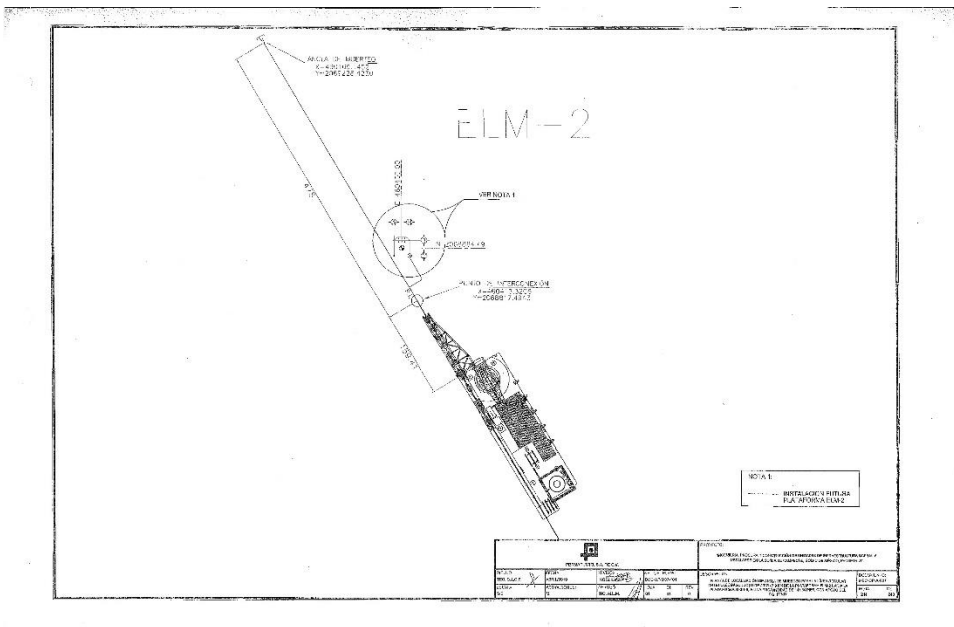
Se configuran los cuadros de información de tal modo que en la interface del programa nos muestre gráficamente la posición en tiempo real de la embarcación y de la línea de proyecto así como los datos alfanuméricos de donde obtendremos los datos necesarios para llenar los registros que solicita en la norma PEP al mismo tiempo que servirán para hacer los cálculos correspondientes



## Capítulo 4. Etapa del tendido de tubería

### 4.1 Actividades del tendido

Se conoce la distancia entre 1ra estación e inicio de stinger porque se midieron los nodos cuando se hizo el dibujo del modelo de la embarcación. Para esta embarcación es de 130.96 m. De acuerdo a la información del departamento de ingeniería se tiene la ganancia del cable al ancla de muerteo de 4.26 m. la ganancia de la tubería es de 3.61 y la distancia promedio del tramo de tubería es de 12.35 m. y la distancia al TDP es de 136.22 m.



Se calcula la el número de tubos entre primera estación y TPD este dato servirá para llevar el control durante el tendido así mismo el número de juntas se calcula también.

(Distancia entre 1ra estación y stinger )+ (Distancia a TDP) + (ganancia de tubería) =numero de tubos entre 1ra estación y TDP

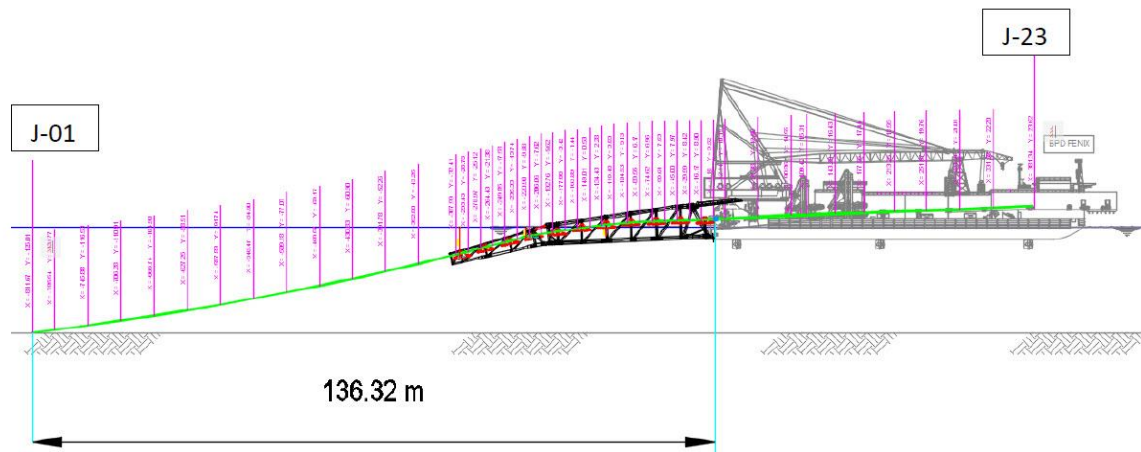
(130.96+136.32+3.61) =21.93 lo cual se redondea a 22

12.35

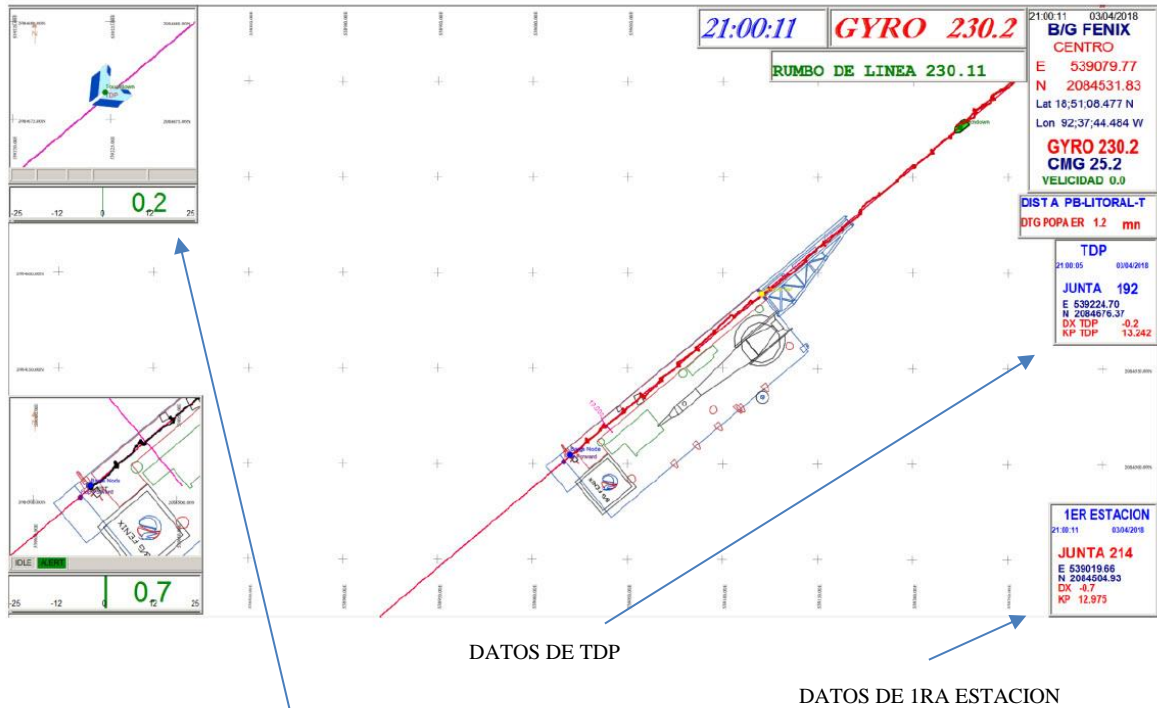
22 tubos hay entre primera estación y TDP y habrá 23 juntas en ese mismo tramo.

Esto se interpreta que cuando se tenga en primera estación la junta 23 al mismo tiempo la junta 1 estará haciendo touch down en el lecho marino.

Se registrará en un formato particular la fecha, hora, numero de junta, kilometraje, coordenadas XY y la diferencia entre la posición de la junta y el proyecto, finalmente se registrarán como observaciones los elementos relevantes como PC, PT, cruce por algún otro ducto y cuando cada una de las juntas haga TOUCH DAWM POINT.



Con ayuda del programa de navegación la embarcación se moverá a posición de inicio de tendido, con el cable de acero conectado al ancla de muerteo y al tapón de inicio se genera cierta tensión (en esta etapa se realiza la prueba de tensión) cuando se cumplen con los parámetros inicia el tendido de tubería.



DIFERENCIA CON RESPECTO AL PROYECTO EN TDP

Cada vez que en el túnel de trabajo se termine una soldadura más, la embarcación avanzará una distancia promedio de 12.35 m en dirección de la línea de proyecto para que sea ensamblada otra sección más por lo que se irá construyendo tramo a tramo la tubería, y en cada movimiento se deberá registrar el cambio de junta en el sistema tanto de 1ra estación, como de TDP y registrar los datos en el formato junta por junta.

El principio matemático que se utiliza es:

A partir de dos puntos conocidos se encuentran las coordenadas de un segmento.

Con la coordenada de primera estación, la coordenada del inicio del stinger y conociendo la distancia hasta el TDP podemos matemáticamente obtener las coordenadas de TDP.

El programa de navegación QINSY lo realiza en tiempo real computando de forma simultánea la posición de cualquier objeto que se halla configurado previamente, de esta forma toda la información siempre se tiene presente.

## 4.2 Usos de la curva simple

Dependiendo de la zona en la que se ejecutan los proyectos puede estar mayor o menormente congestionada de tuberías de anteriores proyectos lo que dificulta las maniobras para nuevas instalaciones. Por eso la planificación del tendido es rigurosamente calculado y contemplando cada detalle, ya que a partir de esta ruta se determinarán las condiciones bajo las cuales operará y permanecerá en operación la tubería, se deben considerar factores de profundidad, la localización de líneas de tubería, así como las elevaciones del lecho marino, condiciones ambientales, presencia de plataformas existentes así como tuberías instaladas previamente y cualquier otro obstáculo que pueda presentarse tratando de evitar daños en las tuberías nuevas como las ya instaladas.

La ruta más idónea, rápida y barata para casi cualquier proyecto es de forma recta sin embargo casi siempre encontraremos obstáculos que no nos permitan mantener esta ruta por lo cual se generan curvas simples para evitar cualquier obstáculo, en estos casos generalmente son tendidos previos que cruzan la nueva línea de tendido.

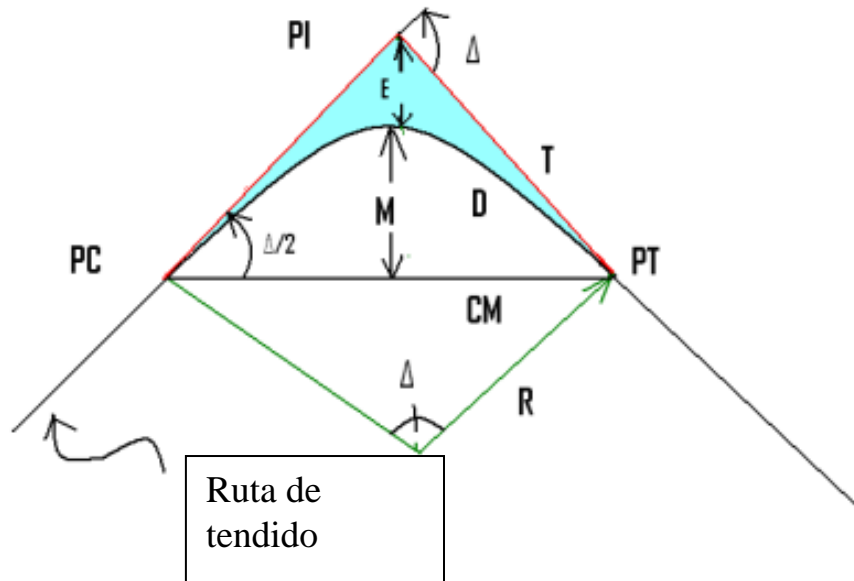
Este procedimiento presenta los mismos datos que una curva simple en terracerías por lo cual nos presentan prácticamente los mismos datos pero con algunos detalles por las características del proyecto, estas características son que por lo general los radios de las curvas son de 1000 m esto es debido a que el esfuerzo al que va a ser sometido la tubería al cambio de dirección está dentro de los parámetros de seguridad para evitar que la tubería no se fracture, o evitar que la presión no varíe (cuando una tubería se cambia de dirección bruscamente el fluido se atora y pierde presión).

Por otro lado, los datos están generados considerando el tipo de tubería, el peso, material, peso del lastre, medida de la tubería, temperatura del material a transportar etc.

Una de las consideraciones más importantes es que si por alguna situación el diseño de la curva no es el adecuado (por algún error por parte de ingeniería, tal vez de alguna línea de tuberías que no considerada o algún error de cálculo) no se puede corregir por parte de ninguna área en la embarcación debido a que por falta de información podríamos generar un cálculo con deficiencias que generen un esfuerzo no adecuado y la tubería puede fracturarse generando costos extra



que genero la nueva propuesta, por lo general este problema se resuelve con una nueva curva que genera la evasión del obstáculo.



PC: es el punto de comienzo o inicio de la curva.

PT: es el punto donde terminara la curva circular.

PI: Punto donde se cortan los alineamientos rectos que van a ser empalmados por la curva. Intersección de tangentes.

PM: Es el punto medio de la curva.

E: Secante externa o simplemente Externa equivalente a la distancia desde el PI al PM.

T: Tangente de la curva. Es el segmento de recta entre PC-PI y PT-PI el cual es simétrico.

R: Radio de la curva. Este es perpendicular a PC y PT. Este se elige acorde al caso, tipo de camino, vehiculo, velocidad y otros más que estudiaremos posteriormente en el transcurso de nuestra carrera.

D o LC: es el desarrollo de la curva o longitud sobre la curva el cual esta comprendido desde el PC al PT.

CM: es la cuerda máxima dentro de la curva que va desde el PC al PT medida en línea recta.

M: es la mediana de la curva la cual corresponde a la ordenada de al curva que une al PM con el centro de la cuerda máxima

Δ: Es el ángulo central de la curva que es igual al ángulo de deflexión entre los dos alineamientos rectos y se puede calcular por la diferencia del azimut de llegada y el de salida.

G°c: Este se define como un ángulo central que subtiende un arco de 20 m. Este y el Radio están siempre en razón inversa. El grado de curvatura Gc, está definido como el ángulo

Como se observa, la geometría es una curva simple y obedece a los datos proporcionados por ingeniería y a partir de esos datos obtenemos las deflexiones

recordando que los ángulos en las hojas del proyecto se acumulan y que junto con el rumbo que tenemos nos proporciona la ruta del tendido en la curva.

### **4.3 Barge Track**

Algo importante que hay que señalar es el proceso del barge track. Consideremos que para hacer un cambio de dirección durante el tendido de tubería se usara una curva simple y debido a que la tubería se viene depositando en lecho marino a una distancia relativamente larga towch down por atrás de la embarcación, se debe considerar un radio de giro amplio de tal modo que siempre debe seguir la tubería la línea de proyecto; para eso se debe considerar la proyección a donde deberá estar la tubería mientras la embarcación toma un radio de giro más amplio.

La analogía más clara es un tráiler de grandes dimensiones como un doble semirremolque si trazamos una línea por donde tiene que ir el vehículo, por sus grandes dimensiones seguramente los remolques tengan que invadir el carril de alado alejándose de la línea marcada. En este caso no importa donde transite el semirremolque lo impórtate es que no genere un accidente o que se pueda voltear por el cambio brusco de sentido.

Pero en un tendido de tubería lo que realmente importa es mantener la tubería sobre la ruta marcada por ingeniería. Siempre debemos apegarnos al proyecto, ya que sobre este se tiene todo contemplado y calculado.

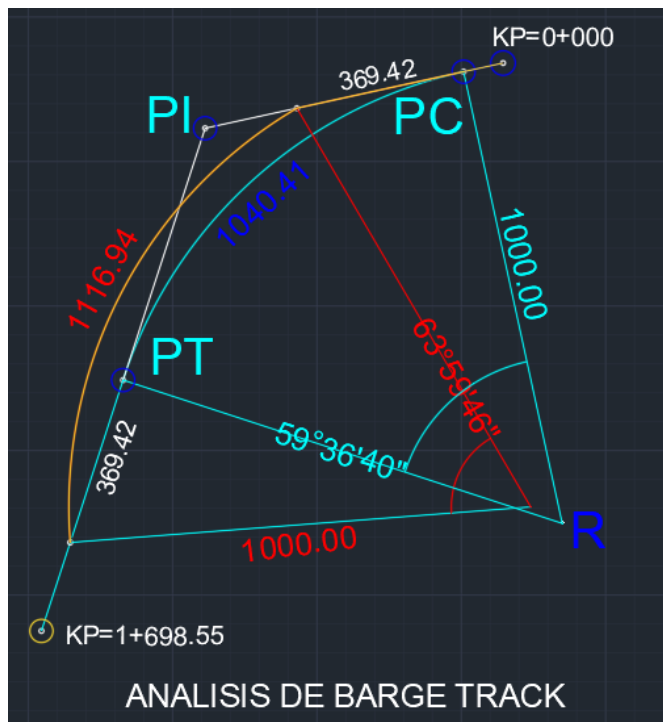
El barge track es un cálculo que genera el software QINCY este procedimiento hace obligar al towch down que siempre vaya con las coordenadas del proyecto y genera una ruta para que la embarcación conforme va girando se desvíe de la ruta, pero mantenga el tendido sobre las coordenadas del proyecto

Este cálculo lo genera de marea automática el software, pero aquí se presenta en cómo se genera este trayecto en AutoCAD.

#### **Análisis de Barge track**

- Plotee las coordenadas del origen de la línea del proyecto (KP Inicial)
- Plotee las coordenadas del PC (Principio de la curva).
- Plotee las coordenadas del PT (Principio de Tangente).
- Plotee las coordenadas del PI (Punto de Inflexión).

- Plotee las coordenadas del final de la línea del proyecto (Kp Final).
- Dibuje las Subtangentes (Líneas desde el PI al PC y PI al PT).
- Sobre la subtangente Plotee el PIB (Punto de Inicio del Barge Track). PIB= Distancia del TDP a la 1era Estación desde el PC.
- Sobre la tangente Plotee el PFB (Punto Final del Barge Track). PFB= Distancia del TDP a la 1era Estación desde el PT.
- Trace una PL (Polilínea) desde las coordenadas del origen del proyecto; luego de click en el PC, luego debe dibujar la curva para hacerlo utilice el comando ARC (Arco), luego selecciona R (Radio) y teclee el dato del radio; continúe dando click en el PT y por último en el final de la línea del proyecto (KP final).
- Plotee el Barge Track con una PL, inicie en el PC, continúe con el PIB; dibuje la curva con el mismo radio del proyecto, concluya dando click en el PFB.



## 4.4 Control vertical

La determinación de la profundidad es una tarea fundamental para los trabajos submarinos, para esta determinación se requiere conocimiento de la acústica subacuática, de los equipos disponibles para la medición de las profundidades, sensores para la medición de la posición y la profundidad, cabeceo y procedimientos apropiados para lograr y cumplir con los estándares recomendados internacionalmente para precisión y cobertura.

El propósito de un levantamiento a escala grande es conseguir una gran cantidad de mediciones de profundidad a puntos que se encuentren muy cercanos unos de otros de manera de poder representar el plano del fondo con la mayor fidelidad. Para llevar a cabo esta tarea en forma eficiente se necesita que el sonar a utilizar cumpla dos requisitos

- Que permita la medición precisa de la profundidad a puntos cuyas coordenadas horizontales puedan estar determinadas también con precisión.
- Que permita realizar la medición de un gran número de profundidades en un tiempo razonable.

Algunos ejemplos de dispositivos de medición submarina son:

- Las sondas de haz simple han alcanzado una precisión disimétrica en aguas poco profundas. Si bien es simple y relativamente sencilla su fabricación y fácil de operar, la sonda monohaz tiene un número de limitaciones que la hacen inapropiada para levantamientos batimétricos a escalas grandes.

Sin embargo, esta tecnología no es muy confiable para estos casos, utilizando una sonda monohaz podemos asumir que el tiempo del primer eco determina la profundidad directamente desde un punto del fondo en la vertical del buque. Esto quiere decir que el eco recorre el lecho marino hasta encontrar una superficie solida que hace que rebote en esta y determine la profundidad el problema es que

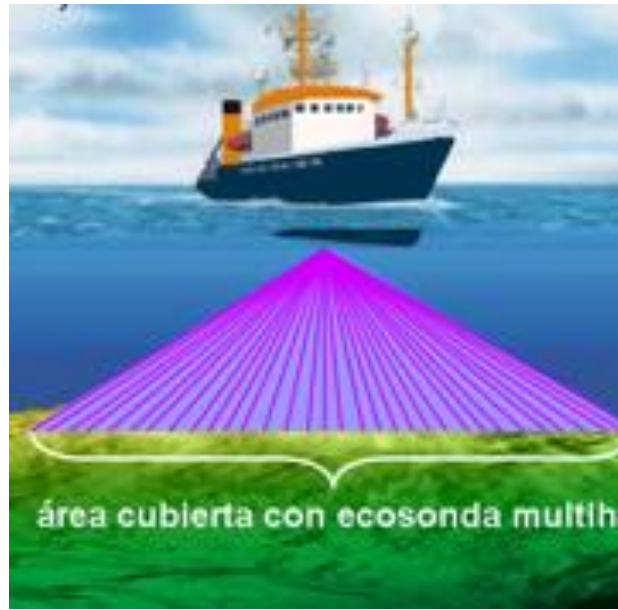
- Línea azul turquesa representa la ruta del tendido
- Línea blanca representa los datos de la curva del proyecto
- Línea amarilla representa el trayecto generado por el software QINCY para la embarcación

el eco recorre el lecho marino de forma uniforme y si en algún punto choca con una superficie solida sin aun llegar al fondo marino se tomara esta como la medida final y provocara errores en las cuestiones de la proyección del fondo marino

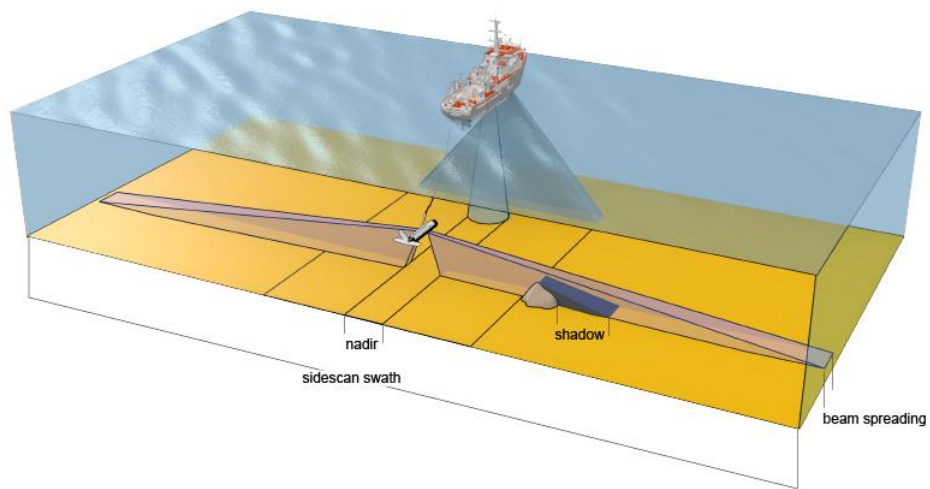


- La tecnología de las sondas acústicas multi-haz se está desarrollando con rapidez y ofrece un gran potencial para una investigación precisa y total del fondo del mar, si se usa con los procedimientos apropiados y contando con que la resolución del sistema es la adecuada.

La sonda multihaz es un instrumento que puede llevar a cabo el levantamiento de una zona del fondo del mar con un solo pulso, con una resolución mejor a la de la sonda monohaz . Esto sucede gracias al ángulo de proyección y el conjunto de haces que generan un barrido lo cual describe mejor el fondo marino.

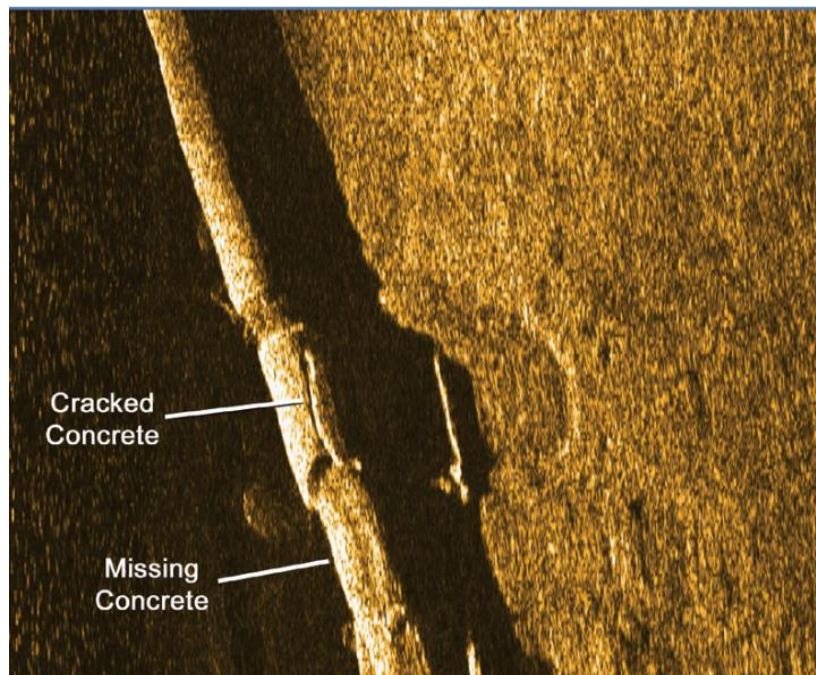


- Los sonares de barrido lateral generan imágenes digitales de la superficie del fondo marino. Estos instrumentos pueden usarse para: obtener cartografía muy precisa de grandes áreas del fondo marino, hacer un levantamiento de barrido lateral con la finalidad de localizar ductos,



tuberías o cables, elevaciones terrestres en el fondo del mar, obstáculos, entre otros más sofisticados como por ejemplo: la localización de naufragios, la búsqueda de objetos o tesoros perdidos, exploraciones para la localización de aeronaves derrocadas cuya carga se perdió en el fondo marino, así como la ubicación de piezas arqueológicas sumergidas.

Este instrumento emite un haz acústico estrecho lateral que corre de forma perpendicular a la línea del levantamiento. Conforme el haz acústico se transporta desde el sonar de barrido lateral, todas las cosas con las que se encuentra en el fondo del mar (obstrucciones), irradian parte de la energía sonora que incide sobre ellos (retrodispersión). Así, el registro que se realiza incluye el tiempo que tardan en llegar las pulsaciones desde el sonar en conjunto con la amplitud de dicha señal de retorno; esta información se recibe a una consola que hace la interpretación y monitoreo.



*Imagen sonar de barrido lateral para localización de tuberías.*

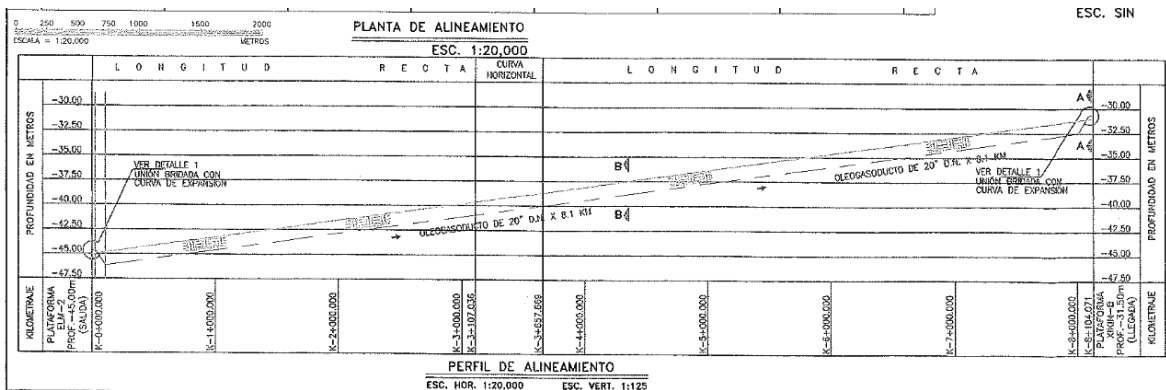
El utilizar en conjunto ecosondas digitales, sensores de movimiento, sistemas de posicionamiento satelital (GPS) y el software para obtener datos precisos, ha

dado como resultado la optimización de la productividad en actividades de levantamiento.

Con estos procedimientos es posible obtener el perfil del lecho marino de esto se encarga el área de ingeniería. Genera los estudios necesarios para obtener la ruta más adecuada y evitar o en su caso colocar la infraestructura necesaria para evadir tendidos existentes, corales o rocas.

Para el área de tendido es importante conocer este perfil del lecho marino, una profundidad mayor en un área que ene otra provoca variaciones en el tendido con respecto a las juntas de tubería, esto quiere decir que a una mayor profundidad se requerirán más juntas de tubería para llegar al lecho marino y hacer touch down o bien entre más profundidad tardara más en tocar la tubería el fonde del mar.

El control vertical influye en el touch down en nuestro software como información de alimentación nos pide el dato de altura en touch down cuando esto cambia debemos corregir este dato cada vez que cambie el touch down para llevar un control correcto.



#### 4.5 Últimas juntas

En las últimas juntas, dependiendo el número de tubos entre primera estación y touch down las ultimas coordenadas se interpolan.



tendido avanza y llega un punto de fin que es el tapón de abandono, despues de este tapón ya no hay más juntas solo un cable de acero. La embarcación sigue avanzando y la tubería sigue haciendo contacto en el fondo, pero sin juntas en la embarcación con cuales relacionarlas se pierde el control de la relación para la obtención de coordenadas.

Es por eso que las últimas coordenadas son interpoladas. Es muy práctico hacerlo en AutoCAD tenemos una ruta a seguir, la coordenada donde si conozco que hizo touch down point y la coordenada de fin del tendido donde se encuentra el tapón de abandono y sabiendo que medida tiene cada tubería, obtenemos las coordenadas de las juntas restantes hasta el tapón de abandono.

#### 4.6 Registro

Como se mencionó antes se deben conocer las coordenadas de cada junta, para eso llevamos un registro.

REGISTRO DE TENDIDO DE DUCTO SUBMARINO LINEA DE 12"Ø X 11.5 Km DE PB-KU-M HACIA PP-MALOOB-E							TRAMO POR KP	DISTANCIA TRAMO	
HORA	JUNTA	KP	COORDENADAS UTM TP		DX	OBSERVACIONES			
			ESTE	NORTE					
27	04:50	1	-0+009	585,545.83	2,163,595.46	0.1	BRIDA EN EL LECHO MARINO	500	500.22
28	05:00	2	0+002	585,534.17	2,163,596.22	-0.3		11	11.68
29	05:12	3	0+015	585,521.62	2,163,597.54	-0.3		13	12.62
30	05:27	4	0+028	585,509.08	2,163,598.86	-0.3		13	12.61
31	05:41	5	0+040	585,497.07	2,163,600.37	-0.1	SOBRE CRUCE 1	12	12.10
32	05:51	6	0+052	585,485.31	2,163,601.44	-0.2		12	11.81
33	06:07	7	0+063	585,473.91	2,163,602.48	-0.4		11	11.45
34	06:18	8	0+075	585,461.68	2,163,604.06	-0.1		12	12.33
35	06:29	9	0+088	585,449.38	2,163,604.97	-0.5		13	12.35
36	06:40	10	0+100	585,437.46	2,163,606.51	-0.2		12	12.00
37	07:08	11	0+112	585,425.77	2,163,608.40	0.4		12	11.84
38	07:27	12	0+124	585,413.75	2,163,609.62	0.4		12	12.08
39	08:04	13	0+135	585,402.05	2,163,610.62	0.2		11	11.74
40	08:19	14	0+148	585,389.41	2,163,611.82	0.0		13	12.70
41	08:30	15	0+160	585,377.13	2,163,612.74	-0.3		12	12.31
42	08:42	16	0+173	585,364.92	2,163,614.30	-0.1		13	12.31
43	10:02	17	0+184	585,353.15	2,163,615.09	-0.5	POR INSTRUCCIÓN DE INGENIERIA LA	11	11.79
44	10:15	18	0+197	585,340.81	2,163,616.35	-0.5	BARCAZA INICIA RECORRIDOS CON	13	12.41
45	10:25	19	0+209	585,328.26	2,163,617.75	-0.5	TENDENCIA DE TDP HACIA BAVOR DE	12	12.62
46	10:36	20	0+222	585,316.12	2,163,618.98	-0.5	I.A. LINEA DE PROYECTO	13	12.21
47	10:57	21	0+234	585,303.80	2,163,620.27	-0.5		12	12.38
48	11:24	22	0+246	585,292.33	2,163,621.48	-0.5		12	11.54
49	11:35	23	0+258	585,279.79	2,163,623.12	-0.5		12	12.65
50	11:48	24	0+270	585,267.84	2,163,624.05	-0.5		12	11.99
51	11:57	25	0+283	585,255.47	2,163,625.35	-0.5		13	12.43
52	12:07	26	0+294	585,244.24	2,163,626.53	-4.0		11	11.29
53	12:47	27	0+306	585,232.14	2,163,627.80	-0.5		12	12.17
54	12:59	28	0+318	585,219.82	2,163,629.10	-0.5		12	12.39
55	13:12	29	0+332	585,206.67	2,163,628.46	-2.5		14	13.17
56	13:39	30	0+344	585,194.28	2,163,630.81	-1.5		12	12.61
57	13:52	31	0+356	585,181.82	2,163,630.88	-2.7	SE INICIAN RECORRIDOS CON	12	12.46
58	14:05	32	0+369	585,169.34	2,163,632.94	-2.0	TENDENCIA DE TDP HACIA BAVOR	13	12.65
59	14:11	33	0+381	585,157.50	2,163,634.91	-1.2	PARA ASEGURAR PASO DE LINEA DE	12	12.00
60							12" SOBRE CRUCE No.2		

El registro lleva el control de cada una de las juntas y de estas sus coordenadas en las cuales hicieron Touch down point y como antes vimos las últimas coordenadas se interpolan y también debemos de tener registro de estas coordenadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
875	14:14	835	10+217		576,590.92			2,167,976.61		4.2						12.1936	12.19
876	14:23	836	10+229		576,579.31			2,167,980.33		4.4						12.1936	12.19
877	14:32	837	10+241		576,567.65			2,167,983.89		4.6						12.1936	12.19
878	15:52	838	10+253		576,555.94			2,167,987.28		4.7						12.1936	12.19
879		839	10+266		576,544.18			2,167,990.51								12.1918	12.19
880		840	10+278		576,532.38			2,167,993.56								12.1111	12.19
881		841	10+290		576,520.52			2,167,996.39								12.1111	12.19
882		842	10+302		576,508.63			2,167,999.05								12.1111	12.19
883		843	10+315		576,496.69			2,168,001.55								12.1111	12.19
884		844	10+327		576,484.72			2,168,003.86								12.1111	12.19
885		845	10+339		576,472.72			2,168,006.01								12.1111	12.19
886		846	10+351		576,460.69			2,168,007.99								12.1111	12.19
887		847	10+363		576,448.63			2,168,009.79								12.1111	12.19
888		848	10+375		576,436.55			2,168,011.42								12.1111	12.19
889		849	10+387		576,424.45			2,168,012.88								12.1111	12.19
890		850	10+399		576,412.32			2,168,014.16								12.1111	12.19
891		851	10+411		576,400.18			2,168,015.27								12.1111	12.19
892		852	10+424		576,388.03			2,168,016.20								12.1111	12.19
893		853	10+436		576,375.86			2,168,016.96								12.1111	12.19
894		854	10+448		576,363.68			2,168,017.54								12.1111	12.19
895		855	10+460		576,351.50			2,168,017.95								12.1111	12.19
896		856	10+472		576,339.31			2,168,018.19								12.1111	12.19
897		857	10+484		576,327.15			2,168,018.24								12.1111	12.16
898		858	10+496		576,314.99			2,168,018.28								12.1111	12.16
899		859	10+508		576,302.83			2,168,018.33								12.1111	12.16
900		860	10+520		576,290.66			2,168,018.37								12.1111	12.16
901		861	10+533		576,278.50			2,168,018.42								12.1111	12.16
902		862	10+545		576,266.34			2,168,018.46								12.1111	12.16
903		863	10+557		576,254.18			2,168,018.51								12.1111	12.16
904		864	10+569		576,242.02			2,168,018.55								12.1111	12.16
905		865	10+581		576,229.86			2,168,018.60								12.1111	12.16
906		866	10+593		576,217.69			2,168,018.64								12.1111	12.16
907		867	10+605		576,205.53			2,168,018.69								12.1111	12.16
908		868	10+617		576,193.37			2,168,018.73								12.1111	12.16
909		869	10+629		576,181.21			2,168,018.78								12.1111	12.16
910		870	10+642		576,169.05			2,168,018.82								12.1111	12.16
911		871	10+654		576,156.89			2,168,018.87								12.1111	12.16

El tendido para nuestra área termino en el momento en que el tapón de abandono toca el fondo marino. En ese momento estamos obligados a entregar el registro de coordenadas todo el tendido y un reporte se anota la hora y las actividades que se realizan al finalizar el tendido.

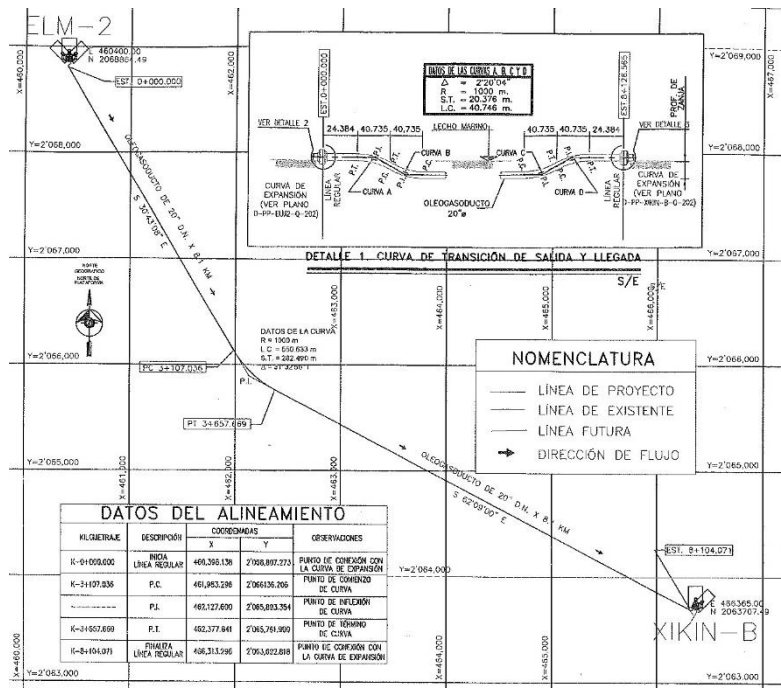
HORARIO			DESCRIPCION	
DE	A			
00:00	02:40		ROV Sea Rover continua y finaliza monitoreo de asentamiento de linea de 30°Ø (KMZ-101) sobre Cruce 13 con L-126 de 8°Ø, localizado en KP 9+710 en coordenadas X= 584,530; Y= 2,163,735.	
02:40	03:10		ROV Sea Rover inicia y finaliza inspección final del cruce 13 con L-126 de 8°Ø, encontrandose linea sobre matrices.	
03:10	03:45		Personal de Dragonfish inicia y finaliza recuperacion de ROV Sea Rover a cubierta de la B/G Fenix.	
03:45	08:50		Personal y equipo de Dragonfish en espera de Instrucciones.	
08:50	09:05		Personal de Dragonfish inicia y finaliza lanzamiento al agua de ROV Sea Rover.	
09:05	15:11		ROV Sea Rover inicia y finaliza monitoreo de asentamiento de linea de 30°Ø (KMZ-101) sobre Cruce 12 con L-388 de 30°Ø, localizado en KP 9+164 en coordenadas X= 583,991; Y= 2,163,831.	
15:11	15:33		ROV Sea Rover inicia y finaliza inspeccion final en cruce 12 con L-388 de 30°Ø, quedando linea de 30°Ø centrada en matrices.	
15:33	15:50		ROV Sea Rover inicia y finaliza movimiento a KP 8+927.	
15:50	19:44		ROV Sea Rover inicia y finaliza monitoreo de asentamiento de linea de 30°Ø (KMZ-101) en el lecho marino y separacion con Linea de 12" Ø, localizado frente a KP 8+927 en coordenadas X= 583,753; Y= 2,163,886.	
19:44	20:00		ROV Sea Rover inicia y finaliza movimiento a KP 8+724.	
20:00	22:04		ROV Sea Rover inicia y finaliza monitoreo de asentamiento de linea de 30°Ø (KMZ-101) en el lecho marino y separacion con Linea de 12" Ø, localizado frente a KP 8+724 en coordenadas X= 583,576; Y= 2,164,005.	
22:04	22:24		Personal de Dragonfish inicia y finaliza recuperacion de ROV Sea Rover a cubierta de la B/G Fenix.	
22:24	24:00		Personal y equipo de Dragonfish en espera de Instrucciones.	
OPERADORES DE MINILARS:			ING. CARLOS CESAR ROJAS GONZALEZ. ING. RACIEL BUSTOS TORRES.	
DESCRIPCION			CANTIDAD	ESTATUS
EQUIPO ROV SEA ROVER			2	OPERATIVO
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO + USBL RANGER II			1	OPERATIVO
SISTEMA DE LANZAMIENTO DE ROV MINI LARS			1	OPERATIVO
SISTEMA REPETIDOR DE VIDEO EXTERNO DE LARGO ALCANCE (PUENTE DE MANDO)			1	OPERATIVO
BEACON WIDEBAND WMS6+			2	OPERATIVO

El último proceso del tendido son las pruebas hidrostáticas y si en algún punto de las pruebas se considera que existe algún problema se aseguran de corroborar lo que puede estar pasando (alguna fisura, una obstrucción, etc.), el encargado de las pruebas nos informa el número de junta en la cual se está generando el problema y nosotros con nuestro registro buscamos el número de junta y proporcionamos las coordenadas y observaciones las cuales pueden ayudar a la detección del problema.

Una vez el tendido concluido se realizan las pruebas hidrostáticas, el tendido de la tubería se procederá a evaluar la hermeticidad del sistema mediante esta prueba. Durante la prueba, la tubería o equipos a evaluar se llenan con agua de mar filtrada, por medio de bombas, mangueras y medidores evitando la formación de bolsas de aire. Posteriormente se presuriza la tubería hasta alcanzar la presión de prueba, si todo resulta bien en las pruebas se dará por terminada.

#### 4.7 Síntesis del proyecto

Construcción de unidades de infraestructura marina a instalarse en la sonda de campeche, golfo de México, tendido de oleo gasoducto de 20" Ø x 7.9 km de longitud, de elm-2 (SUUK-A) hacia XIKIN-B.

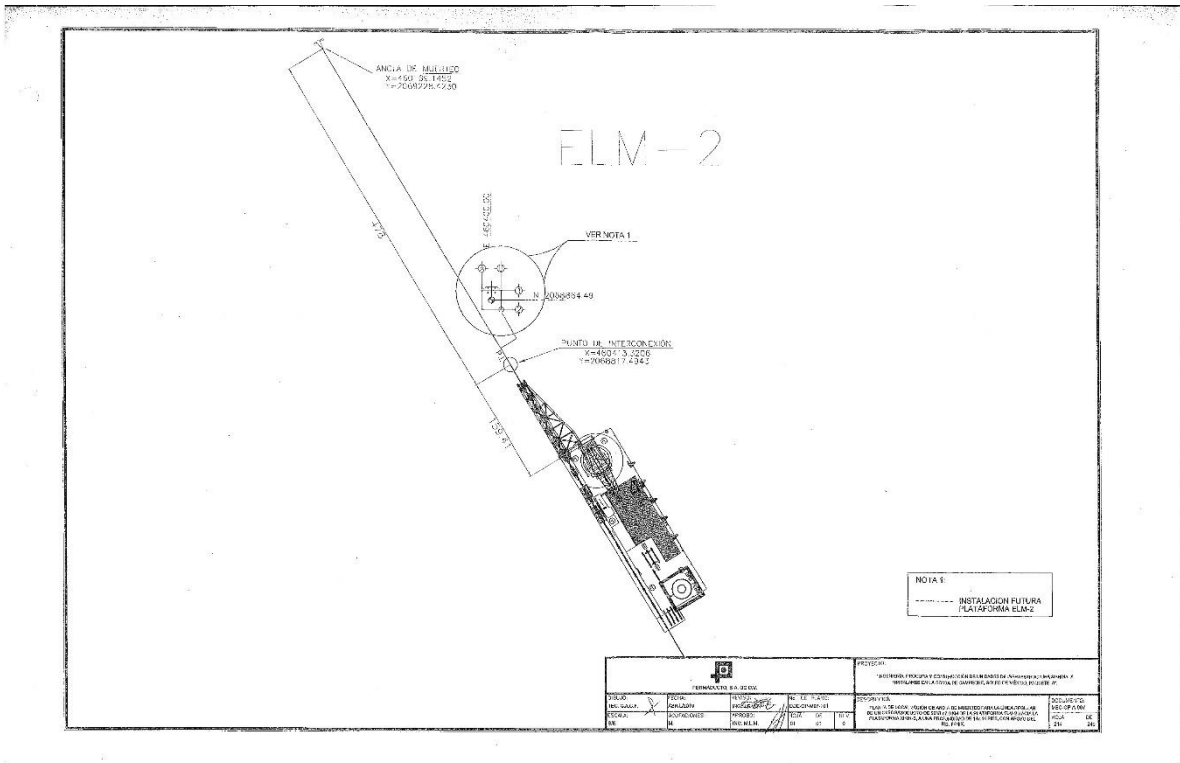


Partimos de la plataforma elm-2 (SUUK-A) para esto la embarcación cuento con toda la infraestructura y material mencionado en anteriores capítulos.

Esto quiere decir, con los softwares de navegación en funcionamiento y alineados.



Desde que se genera el proyecto, Ingeniería se encarga de tener en cuenta todos los parámetros para este trayecto y por lo general siempre es la misma tolerancia (40 cm) conforme al eje del proyecto, recordemos que este proyecto se genera en aguas someras.



Por parte de ingeniería son proporcionadas las coordenadas de las cuales parte el tendido. Iniciamos con la posición para el ancla de muerteo

El posicionamiento del ancla puede ser colocado por la misma embarcación que hace el tendido, pero solo si la embarcación puede realizar las maniobras necesarias, por lo general otra embarcación posiciona el ancla. Cuando se está posicionando el ancla, se nos proporcionan las coordenadas por las cuales vamos a partir, una distancia de cable sujeto al ancla y un rumbo. con telemetría desde el barco principal observamos su posición y desde ahí mandamos las coordenadas a la otra embarcación de posición para el ancla.

Estos datos nos generan el posicionamiento del tapón de inicio, con las coordenadas del ancla más la ganancia del cable nos genera las coordenadas 0,0 para el tapón de inicio.

Estos procedimientos son necesarios, considerando que la sonda de campeche es de los lugares con más tuberías submarinas.

La embarcación suelta el ancla la distancia recomendada por ingeniería, esta está calculada para ejercer la tensión deseada, la embarcación avanza hasta llegar al cadenamamiento 0+000 y poder iniciar el tendido.

La posición de inicio se encuentra a un costado de la plataforma elm-2.

Con el ancla en posición inician los procedimientos de ensamblaje de la tubería, primero es colócalo el tapón de inicio a la junta 1, el tapón es enganchado a un cable de acero que servirá para generar la tensión junto con el ancla de muerteo, luego inician los tratamientos de la tubería.



El primer tratamiento consiste en aplicar un compuesto para su protección mecánica y anticorrosiva, para lo cual se limpia la tubería de impurezas y oxido en una maquina limpiadora (sandblast), posteriormente se aplica la pintura primaria que sirve de enlace entre el tubo y el anticorrosivo, los tubos llevan un revestimiento bicapa:

La primera capa es una de resinas epoxídicas (contra la corrosión) en polvo termofijo para operar a una temperatura mínima de 140°C.

Y la segunda capa será de un epóxido antideslizamiento para el lastre de concreto para una vida útil de 20 años.



Después son transportados desde la zona de lastrado, en las zonas de poca profundidad recibirán, además, un revestimiento de hormigón para proteger al gasoducto de factores externos. Se procede al alineamiento de los tubos, antes de su soldadura mediante arco eléctrico. Se comprueban una a una las soldaduras mediante técnicas que preservan la calidad del material (Non Destructive Techniques). Después sigue el ensamblaje de la tubería. Los tramos individuales son ensamblados bajo estrictos requerimientos

especificados en cuanto a soldadura, por último, la inspección y la pruebas con la finalidad de asegurar la óptima calidad de la tubería. Estos procedimientos se realizan hasta que se obtenga la longitud de tubería requerida.

A medida que se van realizando las operaciones descritas anteriormente la embarcación avanza, y se empieza la tensión entre el tapón de inicio y el ancla de muerteo, cuando el tapón llega al stinger empezamos con el control en relación de juntas y touch down.



La embarcación va tendiendo el tubo sobre el fondo del mar . La velocidad de avance es de unos kilómetros por día.

Siguiendo la ruta se preparan para la entrada de curva iniciando el programa Barge Track, este generara la ruta de la embarcación independiente para que el tendido permanece en las coordenadas deseadas. (El proyecto es preparado tan meticulosamente que se genera un acolchonamiento y se deja en espera del tendido), la ruta del tendido coloca las tuberías sobre el acolchonamiento.

El tendido se prepara para los últimos tramos y se empiezan con los preparativos de abandono de línea por obstrucción, este procedimiento esta mencionado anteriormente con la diferencia de que se trata por obstrucción, esta diferencia se refiere a que se encuentra una estructura cerca de las coordenadas de abandono. Esta estructura es la plataforma XIKIN-B.

Se obtienen coordenadas del borde de la plataforma que son ingresados al programa Quincy, esto para evitar algún choque con la plataforma, el software

nos muestra las coordenadas de la plataforma y de la embarcación, se mantiene un control constante en los últimos metros para evitar colisionar mientras se realiza el abandono de línea.

Una vez el tapón de abandono toca el lecho marino las operaciones terminan se generan los reportes y en caso del registro de las coordenadas de las juntas se interpolan las coordenadas que no se obtuvieron de manera tradicional.

Para finalizar solo se esperan las pruebas hidrostáticas si se llegara a encontrar alguna incongruencia con las juntas, nuestra última función sería ubicarlas.



## **Conclusiones**

Del análisis llevado a cabo, podemos concluir que el reto de incursionar en aguas someras en las costas mexicanas ofrece un polo de desarrollo para los Ingenieros y múltiples disciplinas más.

El escenario incluido en el estudio y con base a los procedimientos realizados por la empresa que realiza los trabajos de tendido, se puede manifestar el recorrido que forman los ingenieros en estos trabajos que han ganado importancia a través de las diferentes reformas energéticas que impulsan los trabajos en costa fuera. Los mayores retos de la industria nacional para el desarrollo de los proyectos de inversión en aguas someras son constituidos por la formación de recursos humanos altamente capacitados, el fortalecimiento de programas e infraestructura de investigación y desarrollo tecnológico.

Es por eso por lo que logrando generar una normatividad propia y novedosa para México y proponer innovaciones tecnológicas, los retos que representan las actividades de producción en costa fuera serán igualmente convertidos con éxito en oportunidades de desarrollo para la ingeniería mexicana.

Finalmente, este proyecto de tesis intenta dar conocer la importancia y la implementación de un análisis y desarrollos mediante una metodología referente al control horizontal y vertical complementada por las nuevas tecnologías de posicionamiento, permitirá realizar proyectos de infraestructura submarina más eficientes y precisos que le permite a la industria petrolera mantenerse a la vanguardia para la mejora de sus procesos, lo que apunta a lograr una mayor eficiencia en sus actividades al menos en nuestra área.

## **Bibliografía**

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Departamento de Comercio de los Estados Unidos. (20 de noviembre de 2021). Recuperado de: <https://www.noaa.gov/satellites>

Asesor externo: Ing. Oswaldo Romero Zarate participante en el tendido de este proyecto.

García L., Pozo Ruz A., Ribeiro A., Sandoval Hernández F., García-Alegre Sánchez M., Guinea Díaz D. (2000). Sistema GPS. Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. Mundo electrónico, 306, 54-59.

GeoSoluciones. Side Scan Sonar (Sonar de Barrido Lateral), Base de Conocimiento. (5 de octubre de 2021) Recuperado de: <https://1library.co/document/q2gge1py-side-scan-sonar-sonar-barrido-lateral-base-conocimiento.html>.

Hurn, J. (1989). Differential GPS Explained. USA, Trimble Corporation.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Marco de referencia ITRF en México y su relación con WGS84 y NAD27. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Marín, L. E.; Balcazar, M.; Ortiz, M.; Steinich, B.; Hernández Espriu, J. A. (2008). Comparison of elevations heights using a Differential Global Position System (DGPS) and a total station. Geofísica Internacional, 47 (1): 81-83.

Marine traffic. Detalles del buque FENIX. Crane Barge IMO: 8757477, MMSI 345070338, Call Sing XCAH2, registrado en Mexico. (7 de diciembre de 2021). Recuperado de:  
<https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:404240/mmsi:345070338/imo:8757477/vessel:FENIX>.

Martínez- Robaina, O. (1998). Carreteras sobre el mar: una aplicación en Cuba del GPS para levantamientos topograficos, Geoconvergencia: Aplicaciones de Tecnologías Integradas Geográficas, pag. 30-34.

Oceaneering. (25 de octubre de 2021). Recuperado de:  
<https://www.oceaneering.com/positioning-solutions/>

Organización Hidrográfica Internacional. (2010). Manual de Hidrografía. Publicación C-13. Capítulo 3. Determinación de la profundidad. Mónaco: Bureau Hidrográfico Internacional, Mónaco.

PEMEX Exploración y Producción. (2006). Manifestación de impacto ambiental del proyecto No. F.31741, denominado Construcción de un oleogasoducto submarino de 24” de diámetro x 0.5 Km de la plataforma satélite ABK-B a la plataforma ABK-A permanente e interconexiones a instalaciones existentes, incluye suministro, protección, lastrado, tendido y pruebas hidrostáticas. No. de contrato: CE-PEP-SCSM-GIC-IMP-XXX/2006. Documento público. México, Subdirección de la Coordinación de servicios marinos (SCSM)

PEMEX Exploración y producción. Subdirección de servicios a la infraestructura marina grupo multidisciplinario de proyectos de infraestructura marina de ductos marinos.

QPS Maritime software solutions. (7 de diciembre de 2021). Recuperado de: <https://www.qps.nl/qinsy/>

Seatronics. (2022). Recuperado de: <https://seatronics-group.com/positioning/gyro-compasses/teledyne-tss-meridian-surveyor/>

Serpas, J., Ramírez N. M., y de Obaldia. F. (2004). GPS. El sistema de posicionamiento global. Uniciencia, 21(1): 27-35.

Talaya, J., Mesa, J., Segarra, J., Colomina, I. (1997). El sistema DGPS rasant en Cataluña. Mapping, 42: 82-92.

Veripos. Software y equipos de navegación. (8 de septiembre de 2021) Recuperado de: <https://veripos.com/>

Wolf, P. y Ghilani, C. (2016). Topografía. 14va Edición. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Yeazel, J. 2012. WAAS and its Relation to Enabled Hand-Held GPS Receivers. Recuperado de: [www.gpsinformation.net/exe/waas.html](http://www.gpsinformation.net/exe/waas.html).