

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SISTEMA SATELITAL DE NAVEGACIÓN GLOBAL DIFERENCIAL
PARA AYUDA A LA NAVEGACION MARITIMA

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:
CÉSAR DAVID DELGADO RODRÍGUEZ

PROMOCIÓN
1988-II

LIMA-PERÚ
2008

**SISTEMA SATELITAL DE NAVEGACIÓN GLOBAL DIFERENCIAL
PARA AYUDA A LA NAVEGACION MARITIMA**

**Agradezco a los seres que amo:
Mi esposa, mis padres, y mis hermanos,
por su paciencia y sacrificio
durante los muchos años de mi formación profesional**

SUMARIO

El presente trabajo describe, sustenta y propone la puesta en operación de un sistema de posicionamiento global diferencial público para la navegación marítima en el litoral peruano. La necesidad del sistema surge del crecimiento económico del país y del correspondiente incremento de tráfico marítimo y portuario, y de que los navegantes puedan disponer de datos certeros sobre la integridad o certeza de la información brindada por los sistemas de posicionamiento global (GPS) utilizados para navegación y acercamiento a puerto.

El presente trabajo se circunscribe a las recomendaciones y requerimientos de diversas instituciones internacionales ligadas a la navegación marítima, fluvial y lacustre, y a la utilización del espectro electromagnético como medio de ayuda a la navegación: La IMO (Organización Marítima Internacional), la IHO (Organización Hidrográfica Internacional), la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la IALA/AISM (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities o Asociación Internacional de Señalización Marítima, en español), están ligadas a Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

El sistema esta orientado al cumplimiento del Convenio Internacional para La Seguridad De La Vida Humana en el Mar, SOLAS (Safety Of Life At Sea). El sistema propuesto es requerimiento primordial para la utilización de sistemas portuarios de avanzada tal como el VTS (Servicio de Tráfico de Embarcaciones).

INDICE

Introducción	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del Problema.....	3
1.2. Objetivo del Trabajo	3
1.3. Evaluación del Problema.....	3
1.3.1 Puntos débiles del GPS.....	3
1.3.2 Evolución del GPS	3
1.3.3 ¿Por qué DGNSS?. La importancia de la Integridad de los Datos.....	7
1.3.4 Conclusión	11
CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	12
2.1. Introducción.....	12
2.2. Conceptos y Exactitud en la Navegación.....	13
2.2.1 Métodos De Navegación	13
2.2.2 Estándares de exactitud para la navegación	14
2.2.3 Fases de Navegación	14
2.2.4 Errores de Medida Y Exactitud	16
2.2.5 Consideraciones hidrográficas.....	18
2.3. Ayudas a la Navegación	19
2.3.1 Ayudas Visuales a la Navegación.....	19
2.3.2. Radioayudas a La Navegación	19
2.3.3 Sistemas de Radionavegación por Satélite.....	21
2.3.4 Sistema de Identificación Automática (AIS)	24
2.3.5 Servicios de Tráfico Marítimo (VTS)	25
2.3.6 Sist. de Información y Presentación de Cartas Electrónicas (ECDIS).....	25
2.4. GPS. Concepto y fuentes de error	26
2.4.1 Los Tres Segmentos del Sistema	26
2.4.2 Tipos de Servicios	27
2.4.3 Señales y Códigos.....	28
2.4.4 Datos del Mensaje.....	29
2.4.5 Cálculo de Posición y Tiempo.....	29

2.4.6 Aspectos de Precisión	30
CAPITULO III LA ESTACION TRANSMISORA DE DATOS DIFERENCIALES.....	34
3.1 Concepto Básico del Sistema	34
3.2 Requerimientos para el Servicio DGNSS.....	35
3.2.1 Formato de Datos Transmitidos	36
3.2.2 Disponibilidad	36
3.2.3 Integridad	37
3.2.4 Precisión.....	38
3.2.5 Area de Cobertura	38
3.2.6 Desempeño del Transmisor.....	40
3.2.7 Supervisión.....	40
3.2.8 Validación.....	40
3.2.9 Publicación de Información.....	41
3.3 Descripción del Sistema Propuesto	41
3.3.1 Ubicación y frecuencia de las estaciones de la red DGNSS	41
3.3.2 Estimaciones de cobertura	42
3.3.3 Datos a Transmitir	43
3.3.4 Números de Identidad	44
3.3.5 Equipamiento de la Red DGNSS	44
3.3.6 Redundancia de Equipos.....	45
3.3.7 Estación DGNSS	46
Conclusiones y Recomendaciones	59
ANEXO A	
Datos de Posición Registrados en La DHN (29-05 al 12-06 2000).....	61
ANEXO B	
Cartas Electrónicas.....	80
ANEXO C	
ECDIS En La Armada Peruana.....	85
ANEXO D	
Requerimientos para el equipo receptor de datos diferenciales	89
ANEXO E	
Ejemplos para el cálculo de la Disponibilidad.....	91
ANEXO F	
Propuesta Económica ICAN	93

ANEXO G

Glosario de Términos.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	99

INTRODUCCION

La necesidad prioritaria de los navegantes marítimos es saber con certeza su ubicación, para así poder evitar los obstáculos, incluido lo sumergidos, que pudieran hacer zozobrar su nave; buscar zonas de interés comercial o identificar las carreteras virtuales trazadas sobre el mar.

Diversos métodos y tecnologías son utilizados para un viaje seguro en el mar y el control de tráfico. Cuanto más denso el tráfico marítimo, cuanto más grandes las embarcaciones, o cuanto peor la visibilidad, mayor es el riesgo de una colisión que involucre no sólo pérdidas humanas y materiales, sino también daños ecológicos.

Los accidentes surgen de quien sabe poco o nada y de quienes creen saber mucho. Los primeros por el desconocimiento real de los peligros latentes, y los segundos por subestimar las amenazas. Ambos obviando el cumplimiento de ciertos protocolos.

Estos accidentes son evitados cuando se brindan Servicios de Control de Tráfico de Embarcaciones (VTS o Vessel Traffic Service) y Sistemas de identificación Automática (AIS Automatic Identification System), los cuales precisan de la existencia y uso de "Cartas Electrónicas" (cartas de navegación digitales), actualmente desarrollados para nuestro litoral por la Dirección de Hidrografía y Navegación, así como de un sistema que corrija o certifique la información sobre posición determinada por los Sistemas de Posicionamiento Global Satelital, es decir el Sistema Satelital de Navegación Global Diferencial, representado por sus siglas en inglés DGNSS (Differential Global Navigation Satellite System)

Respecto a las limitaciones de este tema, se debe recalcar que las Redes Públicas de Radiofaros Diferenciales (DGNSS Beacons) son de uso común en el mundo pero no han sido habilitados en esta parte del continente meramente por decisiones políticas sobre la inversión en "Ayudas a la Navegación". Estos elementos, tales como boyas y faros, ayudan al navegante marítimo a precisar su ubicación y rumbo. Su puesta en operación y mantenimiento se encuentra a cargo del Departamento de Señalización Náutica de la Dirección de Hidrografía de la Marina de Guerra del Perú, y para lo cual cuenta con una partida especial producto del cobro de una tasa especial (canon o impuesto) por concepto del servicio de ayudas a la navegación, D.L. 20567.

En este informe propone la puesta en operación de un sistema de posicionamiento global diferencial público para la navegación marítima en el litoral peruano. El tema se circunscribe a las recomendaciones y requerimientos de diversas instituciones internacionales ligadas a la navegación marítima, fluvial y lacustre, y a la utilización del espectro electromagnético como medio de ayuda a la navegación. La bibliografía utilizada es el resultado del trabajo de comisiones especiales que las revisan periódicamente, por lo que la calidad de información y la forma cómo ésta se expone fue de gran utilidad para el desarrollo del tema.

Información adicional utilizada para el informe de suficiencia proviene del resultado de los trabajos realizados durante el "Taller de Ayudas a la Navegación basadas en radiofrecuencias", IALARAD 2 Radionavigation Workshop (Abril 2000, Chile), y del intercambio de información entre expositores y miembros participantes. Al citado evento acudí en calidad de consultor acompañando al Jefe del Departamento de Señalización de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

Corrección a los errores inherentes al sistema de posicionamiento global mediante la transmisión de mensajes enviados en la banda de (283.5-325 kHz) por una estación base y los cuales son procesados por el receptor GPS.

1.2. Objetivo del Trabajo

Plantear la puesta en operación de un sistema de posicionamiento diferencial en el litoral peruano, de manera especial para el puerto del Callao.

1.3. Evaluación del Problema

Es necesario que los navegantes tengan datos fiables sobre la información brindada por los sistemas de posicionamiento global (GPS) utilizados para navegación y acercamiento a puerto. Pasaremos a analizar en detalle el Sistema de GPS.

1.3.1 Puntos débiles del GPS

El primero de todos es que para una operación autosuficiente en tiempo real (navegación) los usuarios civiles cuentan únicamente con acceso al código C/A (Coarse Acquisition) sobre una de las bandas de trabajo del satélite. Consecuentemente no pueden realizar una corrección de retardo ionosférico. Adicionalmente, las señales son relativamente débiles. Ellas no pueden penetrar el concreto, edificios de acero ni bajo tierra, además son susceptibles de interferencia o bloqueo de las señales. Por último, Las señales reflejadas producen errores de posición.

1.3.2 Evolución del GPS

Para el uso militar: añadiéndose nuevas señales con separación espectral e incremento de la potencia para proveer capacidad de protección, prevención y preservación.

Para el uso civil: añadiéndose nuevas señales para mejorar precisión, disponibilidad, y redundancia de la señal. Los beneficios civiles incluirán una segunda frecuencia civil para la corrección ionosférica y redundancia, y una tercera frecuencia

para aplicaciones "safety of life" dentro de un espectro protegido; más robusto; y también proveyendo alta precisión y beneficios para aplicaciones en tiempo real

El inicio de este cambio se da en 1996, mediante una Directiva de Decisión Presidencial (EUA) que indica que se evalúe en el año 2000 el cese de la inclusión del error artificial o degradación en el GPS, llamado Disponibilidad Selectiva o SA (Selective availability), teniendo como plazo límite el año 2006. Adicionalmente, se considera que ambas señales GPS, la L1 y L2 estarían disponibles para usuarios civiles y una nueva señal civil, para satisfacer las necesidades de la aviación, conocida como la L5, estaría centrada en 1176.45 MHz, en la banda ARNS (Aeronautical Radio Navigation Services).

Una variedad de otras mejoras estuvo bajo consideración, incluyéndose el incremento de potencia, la adición de un nuevo código militar en las frecuencias L1 y L2, estaciones terrenas adicionales, actualizaciones más frecuentes, y un incremento del número de satélites. Estas iniciativas políticas son producto de la doble necesidad de mantener la seguridad nacional mientras se brinda soporte a la dependencia creciente del uso del GPS por parte de la industria comercial. Esta necesidad dual también se reflejó en el hecho que al mismo tiempo se decidió que las políticas sobre el GPS deberían ser administradas a un nivel nacional por medio de un organismo especial llamado IGEB (Interagency GPS Executive Board). Este organismo posee miembros del departamento de comercio, interior, estado, agricultura y justicia, en conjunción con los jefes de la NASA, de Defensa y de Transporte (los últimos presidiendo el organismo).

El 30 de marzo de 1998, la Casa Blanca anunció oficialmente que una señal civil sería añadida para la frecuencia L2. En vez de replicar el código C/A, como muchos esperaban, se diseñó una señal civil moderna, la L2C.

El gran primer paso para la modernización del GPS fue hecho en 2 de mayo del 2000, al removerse la Disponibilidad Selectiva. Lográndose así precisiones de posición de 10 a 20 metros. Sin embargo la modernización del Sistema de Posicionamiento Global continua por la mejora de sus satélites generación tras generación. Una generación de satélites se le denomina comúnmente Bloque.

a. Modernización de las Generaciones de Satélites

Dos principales bloques son considerados en la modernización del sistema: a) El Bloque IIR (léase 2r). y b) el Bloque IIF (léase 2f).

El bloque de satélites IIR está siendo modernizado (IIR-M) para acelerar la disponibilidad del código-M (militar) en L1 y L2, y el código civil en L2. Sin embargo, inicialmente no fue factible colocar la L5 en los satélites modificados. Actualmente, de los

19 satélites IIR, siete son IIR(M), pudiéndose colocar la L5 en el último satélite puesto en órbita, el IIR(M)-19, el 15 de marzo del 2008. Se estima que se logre la máxima capacidad operacional (24 satélites) para el año 2010. La precisión de posicionamiento civil (sin señal diferencial), gracias a la adición de una segunda frecuencia para las correcciones de retardos ionosféricos, estaría alrededor de 5 a 10 metros.

El bloque de satélites IIF será la cuarta generación de satélites. Brindará nuevas capacidades tal cómo un código militar mejorado, una nueva señal civil, incremento de la potencia y un mayor tiempo de vida del satélite. Su primer lanzamiento está programado para el año 2009. La tercera señal civil, la L5 a 1176 MHz, tendrá 6 dB más de potencia relativa al L1 (~154 dBW), 20 MHz (mínimo) de ancho de banda, códigos más largos, tasa de chips (grupos de bits) mayor, trabajará en la banda ARNS (Aeronautical Radionavigation Service) especialmente diseñada para aplicaciones aeronáuticas y proveerá mayor protección contra interferencias, tampoco interferirá con las ayudas de navegación situadas en tierra en la banda de los DME's (Distance Measuring Equipment).

La tabla siguiente (tabla 1.1) resume las señales y códigos relacionados con las últimas generaciones de satélites.

TABLA 1.1 Señales y códigos usados en las últimas generaciones de satélites GPS

Señal	Código	Frecuencia	IIR	IIR-M	IIF
L1	C/A	1575.42 MHz	✓	✓	✓
L1	P/Y	"	✓	✓	✓
L1	M	"		✓	✓
L2	Civil	1227.60 MHz		✓	✓
L2	P/Y	"	✓	✓	✓
L2	M	"		✓	✓
L5	Civil	1176.45 MHz			✓

b. Modernización del segmento de Control

Se orienta a reducir la carga de trabajo del operador y los costos de operación, mediante la actualización de estaciones de supervisión y antenas de tierra con nuevas computadoras y receptores digitales, además se busca emigrar la estación de control maestra actual a mediante una arquitectura distribuida. Finalmente para añadir total capacidad de IIR e IIF.

c. GPS III

La meta del programa GPS III es proporcionar mayor potencia, un código militar anti-perturbación y mejoras para en precisión, confiabilidad, y certeza de los valores entregados (integridad).

La USAF (Fuerza Aérea de US) desea que el GPS III proporcione mejor capacidad anti-jam, al proveer dos nuevos haces gran potencia para ser usados con el código militar (M-code) en los canales L1 y L2 (20dB más de potencia sobre la señal del código militar inicial). Adicionalmente, poseerá otros dos canales que proveerán señales de navegación para uso civil para aplicaciones locales, regionales y nacionales de Seguridad de Vida (safety-of-life), para un mejor conocimiento de posición, navegación y temporización. Una de las señales civiles se espera transmitir a mayor potencia que las otras dos señales para mejorar la recepción en todo el mundo. Se proyecta lanzar el primer satélite de esta generación el año 2011. Se espera que esta generación permanezca activa hasta por lo menos el año 2030.

d. Mejora de la precisión de los datos

La calidad del posicionamiento sin señales de corrección mejorará dramáticamente. Desde el inicio del GPS, podemos destacar las siguientes precisiones:

20 - 100 m : Usando código C/A con SA (antes de mayo del 2000)

10 - 20 m : Actualmente, usando código C/A con el SA apagado

5 -10 m: para el año 2009-2010, usando código C/A y código L2C (L2 Civil), gracias a la corrección ionosférica proporcionada por el uso de dos frecuencias.

5 m: después del 2013, usando código C/A, código L2C y el código civil sobre L5.

e. Ventajas para Aplicaciones RTK

Real Time Kinematic o cinemática en tiempo real, es un proceso en donde las señales de corrección GPS son transmitidas en tiempo real desde una estación de referencia (situada en una posición conocida) hacia uno o varios receptores.. Es usado por ingenieros, topógrafos, agrimensores y otros profesionales. RTK es una técnica empleada en aplicaciones donde la precisión es precisión es imprescindible. RTK es usada, no sólo como un instrumento de precisión de posicionamiento, sino también como núcleo para sistemas de navegación, o para guiado de maquinaria automática (p.e. cosechadoras), en aplicaciones tales como la ingeniería civil y de dragado. Provee ventajas sobre otros sistemas de posicionamiento tradicional y métodos de rastreo (tracking), incrementando la productividad y precisión.

1.3.3 ¿Por qué DGNSS? . La importancia de la Integridad de los Datos

El posicionamiento con señales diferenciales (DGNSS), el cual tiene un estándar de 1 a 5m (con o sin SA), será principalmente reemplazado por sistemas de posicionamiento individuales (stand-alone), los cuales tendrán una precisión similar.

Sin embargo, se deben tener en consideración un aspecto muy importante, y este es **la integridad (Integrity) de los datos**, que es la habilidad de un sistema de proveer advertencias a los usuarios cuando el sistema no debería ser usado para navegación cómo resultado de errores o fallas en el sistema.

Es por ello que el **monitoreo de la integridad de datos por medio de estaciones de posicionamiento diferencial (DGNSS) será aún requerido para sistemas de navegación relacionados con seguridad de vida**. En nuestro caso para el cumplimiento del Convenio Internacional para La Seguridad De La Vida Humana en el Mar, SOLAS (Safety Of Life At Sea) y para el uso de sistemas portuarios de avanzada tal como el VTS (Servicios de Tráfico de Embarcaciones). Gracias a la modernización, los requerimientos para el DGNSS se verán reducidos.

a. El caso peruano

Luego de ser discontinuada la SA (disponibilidad selectiva), se procedió a instalar una antena GPS sobre uno de los edificios de la Dirección de Hidrografía (77.155885 Longitud Oeste, 12.065453 Latitud Sur) para realizar una recopilación de datos de posición entregados cada minuto por un receptor GPS Leica de 12 canales. El post-procesamiento de las muestras fue realizado con la aplicación Geomática (Geografía e Informática) Mapinfo 4.0.

a.1 Análisis de los datos

En el **anexo A**, "Datos de Posición Registrados en la Dirección de Hidrografía Del 29 de Mayo al 12 De Junio de 2000", se detalla el resultado de los datos recolectados. Para ello se utilizan dos tipos de ilustraciones:

Distribución de datos recolectados.- Que muestra los datos de manera geográfica sobre el terreno. Permite analizar de manera sencilla, su posición relativa (error) respecto a la estación de referencia (verdadera posición). Para facilitar la inspección visual se colocaron círculos concéntricos de 20, 50, 100, 150, 200 y 250 metros de radio, centrados en el punto de referencia.

Hora muestra Vs. Distancia.- Este gráfico contiene dos tipos de datos: 1) Distancia al punto de referencia, indicada en color gris, y 2) Distancia entre la muestra actual y

la muestra tomada un minuto antes, en color negro, ambas como abscisas compartiendo una única ordenada: la hora en la que el dato fue recolectado.

Según los datos obtenidos, el primer día el comportamiento estuvo dentro de los parámetros esperados. Durante los siguientes días el comportamiento fue empeorando hasta obtener errores que sobrepasaban los 500 metros el duodécimo día (figura A.25), correspondiendo estos a 1.52% (21 del total de 1440 muestras). El día que se presentó el mayor porcentaje de errores que sobrepasaban los 20 metros fue el día 13° (figura A.27), con sólo el 17.29% de muestras dentro de los 20 metros (aproximadamente 248 muestras). La tabla A.1 (Anexo A) resume los valores obtenidos, e indica las figuras en donde los datos son representados.

Otro dato que es necesario tomar muy en cuenta es el que corresponde a la distancia entre dos muestras consecutivas. Todas fáciles de inspeccionar en las figuras del anexo A, desde la A.4 a la A.32. (sólo pares). La zona en negro de dichos gráficos corresponde a esos valores y que en muchos casos supera los 100 metros entre punto y punto, e incluso más, por periodos significativos.

El rumbo y velocidad pueden ser calculados de dos valores consecutivos, pero debe tenerse en cuenta que es el receptor GPS el que realiza los cálculos de posición, de rumbo y de velocidad. Dos puntos demasiado alejados brindarían una velocidad errónea así como un rumbo falso.

a.2 Origen de los errores

Debido a al nivel de error de los datos registrados. Se gestionó una visita al observatorio de Jicamarca para saber si existía alguna correlación con el comportamiento de la ionosfera y la actividad solar, ya que faltaban pocos meses para el pico de actividad solar la cual se presenta cada 11 años.

De dicha reunión se concluyó que no había correspondencia alguna entre el comportamiento de la ionosfera ni la actividad solar, por cuanto se recomendaba centrar el problema en el equipo en sí.

El sujeto del estudio, el GPS Leica, fue instalado por 7 días en una embarcación hidrográfica, la cual realizaba levantamientos batimétricos (profundidad), al final de tal periodo se compararon los datos entre los dos receptores GPS instalados a bordo y las diferencias no eran sustanciales.

Lo anterior motivo que se realizara otro periodo de prueba en una estación fija. El comportamiento registrado previamente se volvió a manifestar, aumentando los errores

día a día. **Es necesario recalcar que el equipo GPS permaneció funcionando sin intervención humana, es decir ni físicamente (activación panel de control del GPS) ni a través de una conexión remota,** durante los periodos de prueba cómo estación fija.

Finalmente, cuando se utilizó el panel de control del GPS (para acceder a algunas opciones y menús), durante un periodo de entrega de datos con errores muy significativos, estos inmediatamente desaparecieron, regresando el funcionamiento esperado, con errores menores a los 20 metros. El proceso se volvió a realizar durante periodos de 3 días sin tocar el panel de control, repitiéndose los grandes errores dentro de lo proyectado, para luego cesar al utilizar el panel del control del GPS.

Todo el proceso antes descrito, se reportó al fabricante, así cómo a las oficinas geográficas de otros países a fin de obtener opinión.

El fabricante repitió el proceso por cuenta propia obteniendo similares resultados. Llegaron a la conclusión de que el error se debía a un problema de programación del receptor y ofrecieron tener una versión actualizada del Firmware que corrigiera aquella situación no contemplada, la no manipulación del GPS por periodos prolongados, que posiblemente no se manifestaba cuando existía la Disponibilidad Selectiva. Este hecho podría ser comparado con los problemas causados por el problema del Y2K (al no considerar los dígitos de miles y centenas), o al de los receptores GPS, para el cual sólo se había considerado sólo 1024 semanas (0-1023), volviendo la cuenta a la semana cero, el día 21/22 de agosto de 1999.

b. La importancia de la Integridad de los Datos, el caso mundial

Una anomalía GPS destacable ocurrió el 1 de enero de 2004, empezando aproximadamente a las 18:33 UTC (Tiempo Universal Coordinado). La anomalía afectó a los usuarios de amplias porciones de Europa, Africa, Asia, Australia, y las lejanas zonas norteadas de Norteamérica.

La anomalía fue debida a una falla en el AFS (Atomic Frequency Standard) del satélite identificado con el código pseudo rango "23" (SVN/PRN23). El sistema GPS se apoya en la precisión y estabilidad de los AFS. Una falla en el AFS no sólo afecta la hora precisa de los usuarios, también degrada significativamente la precisión de la navegación.

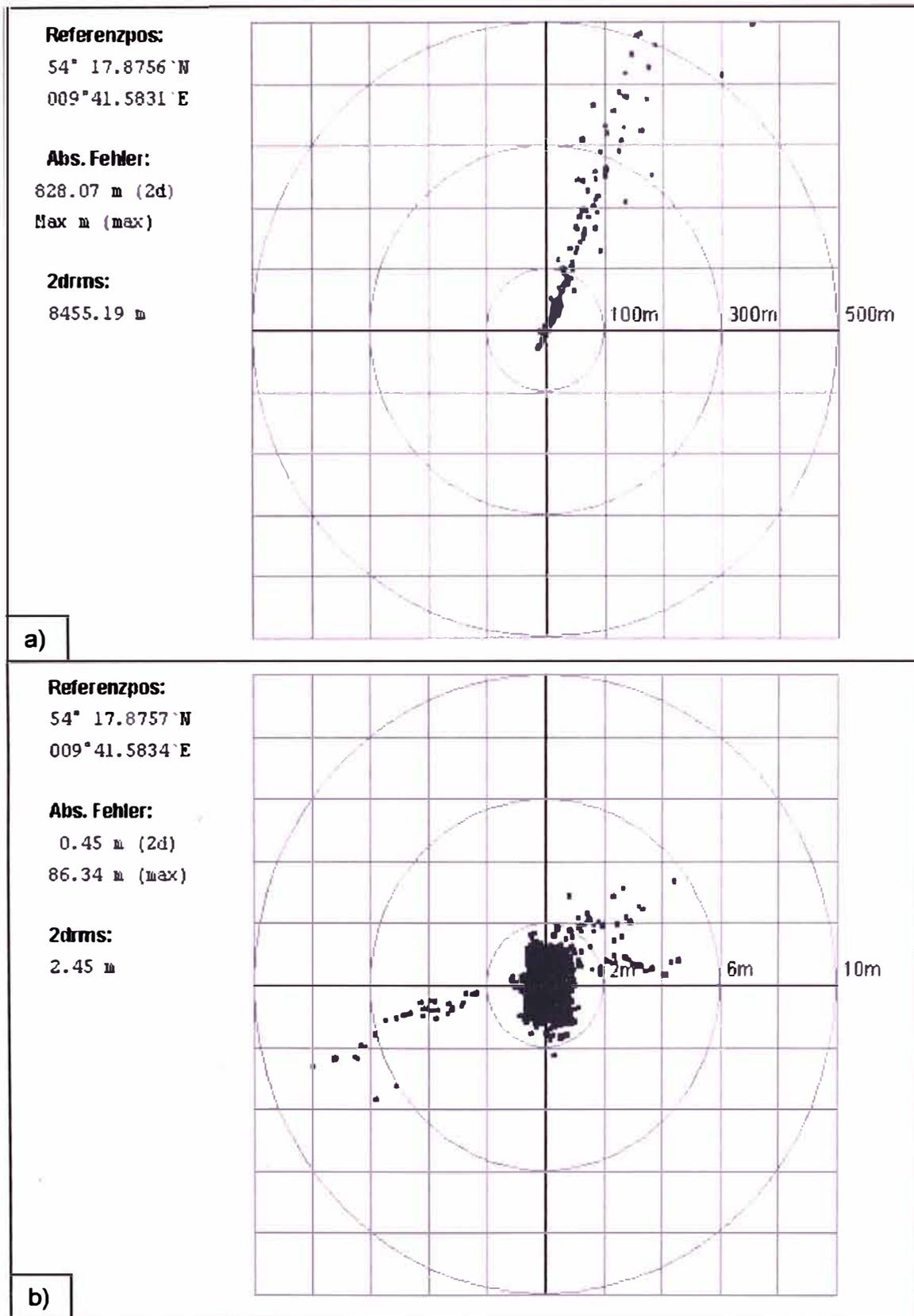


FIGURA 1.1 Gráfico de distribución de puntos recolectados el 01/01/2004 entre las 18:30 y 20:53 UTC para una señal sin corrección: (a) GPS, y con corrección (b) DGPS, en una estación remota permanente en Alemania

La falta de indicaciones adecuados (alarmas) en la telemetría del satélite para estos casos, sumada con las limitaciones de visibilidad del satélite en la red de estaciones de monitoreo (en la banda L) de la estación de control maestra, permitió que esta anomalía fuera difícil de determinar y ocasionó la transmisión de la errónea y peligrosa información aproximadamente entre las 1833Z y las 2118Z (18:33 y 21:18 UTC)

Debido al hecho que el vehículo espacial (SV) 23 estuvo visible en ese periodo en Europa, grandes errores de posición (para usuarios de GPS sin corrección) fueron detectados en estaciones monitoras permanentes situadas en la costa alemana. Tal cómo se ve en la figura 1.1.a, errores de posición cercanos a los 8,500 m (95% de datos recolectados) fue registrado (el máximo error fue de 40.000 m.). Al mismo tiempo (figura 1.1.b) un receptor DGPS (es decir un equipo GPS recibiendo señales de corrección de una estación DGPS costera) entregó una precisión de 2.45 m (95% de datos recolectados).

1.3.4 Conclusión

Tal cómo se expuso, errores de programación, así cómo de circuitos electrónicos, en cualquier segmento del sistema, podrían causar que los datos entregados por un receptor GPS no sean fiables, lo que en condiciones críticas sería sumamente peligroso. La respuesta a tal problema es proveer al usuario una manera de saber cuando los datos obtenidos son fiables. Esto lo realiza el DGPS o Sistema de Posicionamiento Global Diferencial para el sistema Navstar. En general, para abarcar tanto el sistema americano cómo el ruso, se usa el término DGNSS.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Introducción

Durante el planteamiento del problema fue necesario describir brevemente la evolución de los sistemas de posicionamiento global para poder comprender cual es la real dimensión del Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.

El problema de posicionamiento (saber donde estoy) y navegación (saber a donde voy) se inició cuando el hombre empezó a desplazarse por el mundo. La navegación no es un término propio del mar sino que también es aplicable a la tierra, el aire y el espacio.

Navegante es aquella persona que hace uso de sus conocimientos, experiencia e instrumentos para determinar por donde va y cómo llegar al punto deseado. Pero también se apoya en cualquier elemento que le sirva de referencia para poder orientarse o, corregir o verificar los datos calculados por él. Estos elementos son llamados ayudas a la navegación.

Las ayudas a la navegación más primitivas fueron la colocación de marcas en el terreno que indicaran por donde habían pasado, o a donde llevaba tal ruta. Es así cómo montículos de piedra, fogatas nocturnas o grandes columnas de humo, e incluso estridentes sirenas (cuando la visibilidad era nula) sirvieron de referencia, tanto a los navegantes terrestres cómo marítimos, que completaban sus cálculos realizados mediante los astros, la lectura del paisaje o el uso de la brújula.

Para la navegación marítima fueron los faros los que cumplieron y cumplen aún una función de respaldo cuando todos los instrumentos fallan. Los faros evolucionaron cuando empezaron a emitir una señal de radiofrecuencia que era detectada por un instrumento que indicaba el ángulo de procedencia. Esto se siguió usando para la aviación con los llamados Non Directional Beacons (NDB), traducido literalmente cómo Almenaras no Direccionales (Almenaras son las fogatas que iluminaban las torres de las atalayas cómo señal de aviso). En este caso, los NDB acompañaban su señal de radiofrecuencia (LF/MF) con una dato (en código morse), que los pudiera distinguir de otro.

Debido a que el Sistema Satelital de Navegación Global Diferencial (DGNS) es una ayuda a la navegación, en las secciones siguientes se describirán necesariamente los aspectos básicos referentes a la navegación marítima y a los elementos de soporte para la navegación, el primero bajo el título de "Conceptos y Exactitud en la Navegación", el segundo bajo el título de "Ayudas a la Navegación", ambas ampliamente vinculadas. En esta última se tratarán de manera superficial las ayudas a la navegación radiales y satelitales, incluidos los sistemas DGNS, objetivo del presente documento, así como los sistemas que se apoyan en esta tecnología. En posteriores secciones del presente capítulo se detallarán los aspectos relacionados tales como "GPS. Concepto y fuentes de error", y la "Integridad de la información"

2.2. Conceptos y Exactitud en la Navegación

Las autoridades nacionales de ayudas a la navegación se ocupan generalmente de establecer un régimen de navegación segura que facilite el comercio y el desarrollo económico. Los servicios primarios están por tanto dirigidos hacia las necesidades de los buques mercantes. En algunas áreas, las autoridades pueden proporcionar servicios adicionales para los ferrys, las embarcaciones pesqueras y de recreo y actividades marítimas especializadas. Los métodos de navegación y las exigencias de precisión que se muestran a continuación, corresponden a los buques de gran calado (mercantes, cruceros, etc.).

2.2.1 Métodos de Navegación

La navegación es "el proceso de planificación, registro y control del movimiento de un buque de un lugar a otro" (resolución A.915(22), Organismo Marítimo Internacional). Sus principales métodos son:

Reconocimiento por Estima (Dead Reckoning): Basada en el control de la velocidad, el tiempo transcurrido y la dirección seguida desde una posición conocida. La posición determinada por este método se le llama habitualmente una posición de estima.

Navegación Terrestre: Basada en la información obtenida por visualmente o mediante radar de objetos conspicuos o marcas situadas en tierra.

Navegación Celeste o Astronómica: Basada en la información obtenida de cuerpos celestes; por ejemplo el sol, la luna, los planetas y las estrellas.

Radionavegación: Navegación que utiliza señales de radio para determinar la posición o una línea de posición (ejemplo: LORAN C, GPS, etc.).

2.2.2 Estándares de exactitud para la navegación

La resolución de la OMI A.915(22), adoptada en Enero de 2002, estableció los estándares de exactitud para la navegación marítima. La tabla 2.1 presenta los estándares más importantes adoptados en los apéndices 2 y 3 de esa resolución.

TABLA 2.1 Requerimientos mínimos de exactitud para los navegantes.

Aplicación	Exactitud horizontal absoluta (95%) (m)
Navegación general:	
- Oceánica	100
- Costera	10
- En Aguas restringidas	10
- En Puerto	1
- En Aguas interiores	10
Hidrografía	1-2
Oceanografía	10
Gestión de ayudas a la Navegación	1
Operaciones portuarias:	
- Control de Tráfico Marítimo Local	1
- Gestión de Carga de contenedores	1
- Aplicación de la Ley	1
- Manejo de la Carga	0.1

2.2.3 Fases de Navegación

Habitualmente la navegación se ha dividido en tres fases: **navegación oceánica, navegación costera y navegación en aguas restringidas**. Recientemente, algunos documentos han introducido otras fases: **aproximaciones a puerto, navegación dentro del puerto y navegación en canales interiores**.

a. Navegación Oceánica

En esta fase el barco está normalmente por detrás de la plataforma continental (200 metros de profundidad) y a más de 50 m. n. (millas náuticas) de tierra. Los requisitos para la exactitud en la fase oceánica no son muy estrictos y se basan en dotar al barco de la capacidad de planear correctamente la aproximación a tierra o a aguas restringidas.

Es necesario recalcar que los aspectos de eficiencia económica de la navegación, por ejemplo: el tiempo de tránsito y el consumo de combustible, **mejoran con la disponibilidad de un sistema de posicionamiento continuo y exacto que permite a un buque seguir la ruta mas corta y segura con precisión**.

b. Navegación Costera

En esta fase el barco está habitualmente dentro de las 50 m.n. de la costa o del límite de la plataforma continental (200 metros de profundidad), donde existe tráfico inter portuario en rutas que son esencialmente paralelas a las líneas de costa. El barco puede encontrar en esta fase Sistemas de Tráfico Marítimo o VTS (Vessel Traffic Systems).

Se considera que existe la fase costera cuando la distancia desde la orilla permite navegar por medio de visual, por radar y, si es necesario, por sonar. En la fase oceánica las distancias pueden variar para tener en cuenta los buques más pequeños y las características geográficas locales.

En la práctica la IALA ha establecido los requisitos mínimos de navegación para buques mercantes que operan en la fase costera con un sistema de navegación capaz de dar posicionamiento con una exactitud de 0,25 m.n. combinado con un intervalo de actualización, a ser posible de 2 minutos (máximo 15 min.).

Operaciones marítimas más especializadas dentro de fase costera pueden requerir sistemas de navegación capaces más exactos y de un menor tiempo de actualización, bien permanentemente o bien ocasionalmente. Estas operaciones pueden incluir investigación científica marina, estudios hidrográficos, pesca comercial, explotación minera o petrolífera y búsqueda y rescate: SAR (Search and Rescue).

c. Aproximación a Puerto

Esta fase representa la transición de la navegación costera a la navegación en puerto. El barco se mueve desde aguas relativamente libres de la fase costera a otras más restringidas y con tráfico más denso cerca o dentro de la entrada a una bahía, un río o un puerto. Por lo tanto el navegante se enfrenta con la exigencia de una actualización de la posición más frecuente y de tener que maniobrar el navío para evitar la colisión con otros buques y con peligro de varada.

El barco estará generalmente en zonas de cobertura de ayudas a la navegación de complejidad variable (incluyendo los faros, racones, enfilaciones y luces de sectores). áreas de practica, y VTS.

Las condiciones de seguridad en la navegación durante la Fase de Aproximación a Puerto exigen unos requisitos más restrictivos sobre la exactitud del posicionamiento, las tasas de actualización de posición y otras informaciones en tiempo real sobre la navegación, que durante la Fase Costera.

La tecnología GPS y DGPS ha proporcionado los medios para alcanzar los requisitos de aproximación a puerto con una exactitud muy alta y una actualización de posición con intervalos menores de 10 seg. Sin embargo esto no es práctico para situar estas actualizaciones de posición sobre una carta náutica al estilo tradicional. Por ello se requiere algún tipo de pantalla automática que la represente, el ECDIS, ítem que se desarrolla líneas adelante.

d. Aguas Restringidas

Es similar a la fase de aproximación a puerto, en cuanto a la proximidad de peligros y con las limitaciones de libertad de maniobra. Esta fase también puede tener lugar durante una fase de navegación costera, por ejemplo, en varios estrechos del mundo.

Los requisitos de seguridad para la navegación en aguas restringidas hacen deseable que los sistemas de navegación doten de una verificación exacta de la posición casi continuamente, una información que detecte cualquier tendencia del navío a desviarse de su ruta primitiva. (alarmas), y una indicación instantánea de la dirección en la que el barco debe ser gobernado para mantener el rumbo adecuado.

Estos requisitos no son habitualmente alcanzables mediante el uso exclusivo de ayudas visuales y del radar del barco, cómo en la aproximación a puerto, pero pueden lograrse con una combinación del DGNSS y de los sistemas de cartas electrónicas (ECS o ECDIS).

2.2.4 Errores de Medida y Exactitud

La fijación de la posición debe acompañarse de una indicación del error o de la inexactitud en la medida de los parámetros.

Por una lado, los Errores de Medida se definen como la diferencia entre el valor verdadero y el valor medido. En general se reconoce tres tipos de errores a) Los Sistemáticos, que son errores que persisten y se relacionan con la precisión inherente al equipo o resultan de un calibrado inadecuado del mismo, pudiendo ser previstos hasta cierto punto y compensados, b) Aleatorios.- Producen lecturas que toman valores aleatorios por arriba o por debajo de un valor medio y que pueden ser debidos al observador, al operador o al equipo, y se manifiestan al tomar lecturas repetidas.. c) Fallas y Equivocaciones.- Los errores de este tipo pueden reducirse con un entrenamiento adecuado y siguiendo procesos ya definidos.

Por otro, la Exactitud que se refiere al grado de conformidad entre el parámetro (posición, coordenadas, velocidad, tiempo, ángulo, etc.) medido en un determinado momento y el verdadero valor del parámetro en ese instante.

Con relación a la navegación se definen cuatro tipos de exactitud: a) Absoluta, respecto a las coordenadas geográficas o geodésicas de la tierra; b) Predecible, cuando se toman en cuenta los errores previstos (conocimiento de las fuentes de error); c) Relativa, con la que un usuario puede determinar su posición relativa a la de otro usuario con el mismo sistema de navegación al mismo tiempo; d) Repetible, con la que un usuario puede volver a una posición cuyas coordenadas han sido calculadas previamente utilizando medidas no correlativas mediante el mismo sistema de navegación.

Para la navegación general, la Exactitud Predecible y la Absoluta son las más importantes. La Exactitud Repetible es de más interés para los pescadores, la industria del gas y petróleo en las plataformas offshore (costeras en agua), los barcos que hacen viajes regulares dentro de un área de aguas restringidas y las Autoridades de Faros cuando sitúan ayudas flotantes a la navegación.

TABLA 2.2. Exactitud de algunos procesos y sistemas de fijación de posición

Procesos	Exactitud típica (95% de probabilidad)	Exactitud a 1 m.n. (metros)
Brújula magnética apuntando Sobre un faro o marca terrestre	$\pm 3^\circ$ La exactitud puede disminuir en latitudes elevadas	93
Girocompás apuntando a un faro o una marca terrestre.	$0.75^\circ \times$ la secante de la latitud (por debajo de los 60° de latitud)	<62
Detectando la señal enviada por un radio faro	$\pm 3^\circ$ a $\pm 10^\circ$	93-310
Radar apuntando a una marca terrestre	$\pm 1^\circ$ Suponiendo una presentación estabilizada y un barco razonablemente estable	31
Distancia medida por radar	1% del máximo rango de la escala en uso o 30 mts, la que sea mayor.	
LORAN-C / CHAYKA	0.25 m.n.	
GPS	13-36 mts.	
DGNSS (Formato ITU-R M.823)	1-3 mts.	
Estima (DR)	Aproximadamente 1 m.n. por cada hora de navegación	

Nota: Los métodos de posicionamiento basados en métodos angulares (los cuatro primeros de la tabla mostrada), tienen un valor adicional en metros que es calculado para una milla náutica de distancia. Exactitud = 1 m.n. \times (Ángulo en radianes).

Es necesario precisar dos conceptos, el primero referente a la exactitud en la obtención de la posición, el segundo respecto al grado de exactitud obtenida por diversos métodos.

La Exactitud de Fijación de una Posición para lo cual es necesario un mínimo de dos líneas de posición (LOP) para determinar una posición en el mar (triangulación). Dado que hay un error asociado con cada LOP, la fijación de posición tiene un error en dos dimensiones. Las Medidas de Posicionamiento en Navegación, La tabla 2.2 (pag. Anterior) muestra la exactitud típica (95% de probabilidad) que se alcanza usando técnicas e instrumentos de navegación comunes.

2.2.5 Consideraciones hidrográficas

Es necesario definir el término Carta o Publicación Náutica así como el grado de precisión de estas. Carta o publicación Náutica es un mapa o un libro con un propósito especial, o una base de datos, especialmente preparada, por una autoridad (Oficina Hidrográfica autorizada) diseñada con el propósito de cumplir con los requerimientos de la navegación marítima. Los requerimientos de precisión para la navegación en general se relacionan con la escala de la carta necesaria para cada parte de la travesía. La tabla 2.3 muestra escalas de carta con los correspondientes requerimientos de exactitud recomendados por la OHI.

TABLA 2.3. Escalas de carta, aplicaciones y consideraciones relativas a la precisión.

Escala de la carta	Exigencia de precisión correspondiente (metros)	Aplicación
1:10.000.000	10.000	Navegación Oceánica
1:2.500.000	2.500	
1:750.000	750	Navegación Costera
1:300.000	300	
1:100.000	100	Aproximación
1:50.000	50	
1:15.000	15	Aguas restringidas Planos de Puerto
1:10.000	10	
1:5.000	5	

Nota: La escala de la carta suele estar referida a una latitud determinada. Ej.: 1:300.000 en la latitud 27° 15' S.

En el Perú, una misma entidad, la Dirección de Hidrografía y Navegación es la autoridad responsable de las ayudas a la navegación y los servicios hidrográficos lo que asegura que tanto la red de ayudas a la navegación como las cartas disponibles son apropiadas para que los usuarios naveguen con seguridad..

2.3 Ayudas a la Navegación

Es todo dispositivo externo al buque que está diseñado y construido para mejorar la seguridad a la navegación de los buques y facilitar el tráfico marítimo. No debería confundirse con una **ayuda de navegación**, que es un instrumento, dispositivo, carta, etc. De la cual los navegantes se ayudan para determinar su rumbo.

Los temas a tocar en esta sección son a) Ayudas a la Navegación Visuales. Radioayudas a la Navegación, b) Sistemas de Radionavegación por Satélite, c) Sistema de Identificación Automática (AIS), y d) Servicios de Tráfico de Buques (VTS).

2.3.1 Ayudas Visuales a la Navegación

Las ayudas visuales a la navegación están construidas para comunicar a un observador capacitado que se encuentra a bordo de un buque, información que le pueda ayudar en la tarea de la navegación. El proceso de comunicación se conoce como Señalización Marítima. Ejemplos comunes de ayudas a la navegación incluyen faros, balizas, boyas (luminosas o ciegas), marcas diurnas (tableros) y señales de tráfico.

2.3.2. Radioayudas a La Navegación

Tienen una mayor área de cobertura y son más efectivas si los buques disponen de los receptores adecuados. Algunas han quedado obsoletas en un corto espacio de tiempo debido a los **Sistemas Globales de Navegación por Satélite "GNSS"** (Global Navigation Satellite Systems), los cuales proporcionan una alternativa a los sistemas tradicionales de posicionamiento cuando se navega fuera de aguas restringidas, permitiendo el uso de Cartas Electrónicas para la Navegación (ENC) y Sistemas de Identificación Automática (AIS) para buques además de la oportunidad de fusionar los sistemas de posicionamiento con los de información a través de sistemas como el ECDIS (Sistema de Información Y Presentación de Cartas Electrónicas).

El DGNS (Differential GNSS), las cartas electrónicas y el AIS están siendo ampliamente utilizados a nivel mundial. **La IALA recomienda a las autoridades de cada país (Perú la DHN) que tengan esto en cuenta al diseñar la señalización en su zona de jurisdicción.**

a. Radiofaros Marítimos

Actualmente la banda de radionavegación marítima (283.5-325 kHz) puede usarse para transmitir las correcciones diferenciales del GNSS, con la condición de no provocar interferencias en la señal del radiofaro. En muchas partes del mundo los radiofaros han quedado obsoletos y se utilizan para emitir exclusivamente las correcciones del DGNS.

En Perú no existe radiofaro marino alguno operando, sin embargo existen radiofaros en bandas similares pero para señalización aeronáutica: los NDB (Non-directional Beacon). Una lista actualizada se puede ver en la tabla 2.4.

TABLA 2.4 NDBs en Perú

NDBs BAJO EL CONTROL DE CORPAC				
Ubicación	Identificación	Frecuencia	Latitud	Longitud
Andahuaylas*	AND	290	13°42'35" S	73°21'00" W
Anta - Huaraz	ATA	415	09°21'02" S	77°35'53" W
Atalaya*	LAY	295	10°43'40" S	73°46'11" W
Atico	ACO	202	16°14'37" S	73°34'43" W
Ayacucho	AYA	370	13°09'07" S	74°12'19" W
Cajamarca*	MAR	300	07°08'24" S	78°29'26" W
Contamana	ANA	380	07°20'43" S	75°00'19" W
Huanuco*	NUC	310	09°52'44" S	76°12'27" W
Janjui*	UAN	290	07°10'17" S	76°43'26" W
Rioja	RIO	201	06°01'48" S	77°10'09" W
Talara	TYL	370	04°34'54" S	81°15'24" W
Tingo Maria	TGM	385	09°17'47" S	76°00'17" W
Yurimaguas	YMS	340	05°53'13" S	76°05'07" W
NDB BAJO EL CONTROL DE PLUSPETROL				
Ubicación	Identificación	Frecuencia	Latitud	Longitud
Andoas	OAS	360	02°49'49" S	76°27'19" W
Trompeteros*	TRO	325	03°47'59" S	75°02'23" W

* BANDA MARINA

b. Reflector de Radar

Es un elemento pasivo diseñado para devolver a su fuente de origen los pulsos de radiación electromagnética incidentes en él, procedentes de la exploración de un radar, aumentando la visualización del blanco en la pantalla del radar de a bordo.

c. Intensificador de Blanco Radar (RTE)

Es un dispositivo que devuelve amplificado el pulso de exploración de radar de un buque, magnificando el tamaño del blanco en la pantalla del radar de a bordo. Al contrario que el racon, la señal devuelta por el RTE no está codificada.

d. Baliza de Radar Activa (Racon)

Son transceptores operando en las bandas de frecuencia de radar marino (9 y 3 GHz). Posibilitan la detección e identificación de determinados blancos radar. Responde a la presencia de una transmisión radar de un buque, enviando un pulso que aparece en

la pantalla del radar de a bordo como una marca codificada, que indica la posición y la demora del lugar donde está instalado el Racon. La traza que aparece en pantalla se puede fijar a una determinada longitud o depender de la escala de alcance que se esté utilizando, y la identificación de la misma se realiza mediante un carácter Morse.

e. LORAN / CHAYKA

Son sistemas de radionavegación de largo alcance que se utilizan en navegación terrestre, marítima y aérea, así como para referencia de tiempo. Fue desarrollado en los años 60 para cumplir con las necesidades del Departamento de Defensa de los U.S.A. La Federación Rusa dispone de un sistema similar denominado CHAYKA. En la actualidad hay 24 cadenas LORAN-C y CHAYKA operando en el mundo con áreas de cobertura en USA, Canadá, Arabia Saudí, India, Mar de China, Corea, Pacífico Noroeste, Federación Rusa y el Noroeste de Europa..

f. Reglamentación Sobre Radioayudas

La IALA ha desarrollado y aprobado reglas sobre radionavegación agrupándolas en: a) Sistemas satelitales.(GPS, GLONASS, etc); b) Sistemas terrestres (LORAN-C); c) Sistemas Ampliados o de aumentación , por ejemplo el WAAS (Wide Area Augmentation System), el EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), el DGNSS y el RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring); d) Racones; e) Sistemas híbridos/integrados, cualquier combinación de los mencionados para mejorar la precisión en el posicionamiento. f) Sistemas de puente integrados.- Instrumentos de navegación en el puente de un buque que utilizan la posición obtenida, como ECDIS y VDR (Voyage Data Recorder); g) Sistemas integrados de comunicación, Cualquier medio de radiocomunicación del buque destinado a transferir la posición de este a otros buques y/o a estaciones costeras, por ejemplo el AIS y el GMDSS (Global Maritime Distress Safety System).

2.3.3 Sistemas de Radionavegación por Satélite

La postura de la IALA acerca de las radioayudas por satélite es la y animar a las autoridades en la prestación de estos servicios para hacer disponibles sus sistemas a los usuarios, proporcionándoles las informaciones relativas a la navegación con la mayor exactitud y disponibilidad posible. Los sistemas de radionavegación existentes se agrupan bajo las siguientes denominaciones:

- Sistema Global de Navegación Por Satélite (GNSS)
- Sistema Global Diferencial De Navegación Por Satélite (DGNSS)
- Sistema De Radionavegación De Cobertura Mundial (WWRNS)

a. Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

GNSS es el término genérico que se utiliza para denominar a aquellos sistemas por satélite que proporcionan posición, tiempo y velocidad para uso multimodal en todo el mundo. Está basado en una constelación de satélites activos que transmiten continuamente señales codificadas en dos o más bandas de frecuencia. Estas señales las recibe el usuario en cualquier lugar del mundo y le permite determinar su posición y velocidad en tiempo real. Desde 1996, los sistemas "Navstar" Global Positioning System (GPS) de los Estados Unidos y el ruso Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) han formado parte del WWRNS. El GNSS incluirá otros sistemas como el "Galileo", actualmente en desarrollo por la Unión Europea.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de posicionamiento y de velocidad así como de referencia de tiempo, que se encuentra completamente operativo desde 1995. Es administrado por la fuerza aérea de los Estados Unidos. Consiste en una constelación básica de 24 satélites más 4 de respaldo en órbita. Está disponible de manera libre y gratuita. Satisface los requerimientos para la navegación con una precisión en el posicionamiento horizontal de 15 a 25 metros (con una probabilidad del 95%, con una tendencia a aumentar la precisión).. Proporciona posiciones relativas o absolutas, velocidad sobre tierra (SOG, de Speed Over Ground), rumbo sobre tierra (COG, de Course Over Ground), y referencias de tiempo. Esta información puede llegar a un usuario estático o en movimiento.

El Sistema global de navegación por satélite (GLONASS) es similar al GPS. Es administrado por la Agencia Espacial de la Federación Rusa. Posee una constelación prevista de 24 satélites, cumpliría con las exigencias para la navegación general, proporcionando una precisión en el posicionamiento horizontal de 45 metros (con una probabilidad del 95%), pero en la actualidad la red de satélites no está completa..

Nota: Información actualizada en la web del "Centro de Coordinación e Información del Ministerio de Defensa de la Federación Rusa": <http://www.glonass-center.ru>

El Sistema Galileo es el futuro sistema de navegación por satélite europeo, operado bajo control civil. Tendrá una constelación de 30 satélites de los cuales 27 estarán operativos y los tres restantes actuarán como reserva. Orbitarán en una posición MEO (Medium Earth Orbit) con una inclinación respecto del Ecuador de 56°. Dispondrán como norma de un sistema dual de frecuencias, que permitirán al usuario determinar su posición con una precisión aproximada de un metro. Galileo tiene prevista su plena capacidad operativa alrededor del 2012, y sus últimas mejoras han incluido el acuerdo

preliminar de interoperatividad y cooperación con el GPS. El más reciente lanzamiento fue el 28 de abril del presente año (GIOVE-B).

Nota: Información actualizada puede ser vista en la web de la Dirección General de Energía y Transporte de la Comisión Europea

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/whatsnew/index_en.htm

b. Sistema Global Diferencial de Navegación por Satélite (DGNSS)

Es un sistema que aumenta la exactitud del posicionamiento con el GNSS mediante la reducción de errores en las señales del mismo dentro de áreas determinadas. Utiliza un proceso de comparación de situaciones, la de una estación de referencia DGNSS con su posición calculada con mucha precisión y la suministrada por los satélites a la vista. La información que contiene los mensajes de correcciones de posición y los de integridad del sistema (“salud” de los satélites), se emiten a los usuarios que dispongan de los receptores apropiados con el resultado de:

En el campo marítimo, el DGPS (de Navstar) ha sido internacionalmente adoptado para la transmisión de las correcciones DGNSS proporcionándole señales no encriptadas en la banda asignada a los radiofaros marítimos (285 a 325 kHz), en donde un transmisor de 1 kw generalmente permite fijar una posición mejor de 10 m en un radio de 200 millas náuticas. Las autoridades locales comunican a la IALA del estado de sus estaciones locales, y esta publica la lista oficial. Esta lista puede ser obtenida en su web: <http://www.iala-aism.org>.

Por otro lado, en el campo de la aviación son usados los sistemas DGPS de cobertura de “Área Amplia”, desarrollados por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos. El Sistema de Aumentación (de precisión) de Área Amplia (WAAS) utiliza satélites geoestacionarios en vez de estaciones bases terrestres para la emisión de las correcciones y datos de integridad del sistema GPS. Esto permite un área de cobertura mucho mayor, aunque a costa de un proceso de emisión de los mensajes mucho más complejo. Se han desarrollado sistemas similares en Europa (EGNOS) y Japón (MSAS, ver http://www.kasc.go.jp/_english/). El EGNOS incluye correcciones y datos de integridad del GPS y el GLONASS.

Nota: La página <http://www.navcen.uscg.gov> del USCG (Guardacostas de Norteamérica) proporciona una completa información acerca del DGPS y WAAS. Información mas completa del EGNOS puede encontrarse en <http://www.esa.int/>

Las aplicaciones marítimas del DGNSS son diversas, entre las cuales se puede mencionar la localización de artes y aparejos de pesca, búsqueda y rescate,

perforaciones petrolíferas, **recaladas** (acercamientos a muelle) **en cualquier condición meteorológica**, servicios de tráfico marítimo, control de mareas y corrientes, gestión de servicios portuarios, posicionamiento de ayudas a la navegación marítima.

El sistema DGNSS marítimo se caracteriza por: a) las transmisiones se efectúan en la banda marina asignada a los radiofaros, la frecuencia de la portadora de la señal de la corrección diferencial es un múltiplo entero de 500 Hz; b) la tolerancia en la frecuencia de la portadora es de ± 2 Hz; c) la velocidad de transmisión de datos se puede seleccionar desde 25 (solo GLONASS), 50, 100 y 200 bits por segundo.

Las características de las correcciones DGNSS efectuadas a través de la señal de los radiofaros están definidas en la **recomendación 823 del ITU-R M**. Incorpora el formato recomendado por la Comisión Radiotécnica de Servicios Marítimos (RTCM), de su Comité Especial 104 (revisado en 1997).

Los criterios de rendimiento se encuentran en la Recomendación 121 de la IALA "Estándares mínimos para el Rendimiento y Monitoreo de servicios DGNSS en la banda 283.5-325 Khz". Abarca los tópicos siguientes: a) formato de la Señal; b) Datum de referencia; c) Disponibilidad y Continuidad; d) Integridad; e) Precisión; f) Cobertura; g) Rendimiento del Transmisor; h) Rendimiento del receptor; i) supervisión; y j) Validación.

c. Sistema de Radionavegación de Cobertura Mundial (WWRNS)

La resolución de la IMO A.953(23), de febrero del 2004, establece los procedimientos y responsabilidades del reconocimiento de sistemas y también los requisitos operativos para un sistema de radionavegación de cobertura mundial (WWRNS).

2.3.4 Sistema de Identificación Automática (AIS)

El Sistema de Identificación Automática (AIS) es un sistema de emisión de datos instalado en buques y estaciones terrestres, que trabaja en la banda marina de VHF. Por sus características y capacidad se convierte en una poderosa herramienta para mejorar el conocimiento del entorno, contribuyendo por lo tanto a la seguridad de la navegación y a la eficiencia en la gestión del tráfico marítimo.

Una unidad AIS consiste en un transceptor de radio VHF capaz de enviar a otros buques y a receptores terrestres información (continua y automáticamente) de identificación de la estación, posición, rumbo, velocidad, eslora, tipo de buque, información referente a la carga, etc. Esto permite "ver" al otro buque aún cuando se encuentra oculto al radar (efecto sombra). Además del riesgo de colisión, calculando el

Punto más Cercano de Aproximación (CPA) y el Tiempo hasta el Punto más Cercano de Aproximación (TCPA) a partir de la información transmitida por los otros buques.

El AIS cuenta con limitaciones debido a que no todas las embarcaciones (buques de guerra, pesqueros o de recreo, e incluso algunas estaciones costeras, incluyendo centros VTS) pueden estar equipados con el sistema AIS.

Los miembros nacionales y otras autoridades competentes deberían considerar el establecer una infraestructura de AIS en la costa para que el sistema se beneficie en términos de navegación segura y protección del medio ambiente. El AIS puede verse como una herramienta VTS, por lo que las autoridades competentes deberían considerar la implantación del AIS en todos los centros VTS existentes. **Pero para ello es necesario primero que exista un servicio DGNS en el área.**

2.3.5 Servicios de Tráfico Marítimo (VTS)

Es un servicio implantado por la autoridad competente diseñado para incrementar la seguridad y la eficiencia del tráfico de buques y proteger el medio ambiente. Su propósito interactuar con el tráfico; y responder a las situaciones de tráfico desarrolladas dentro del área VTS. Básicamente, los buques transmiten los datos de posición, rumbo y velocidad a la estación central encargada de controlar el tráfico en el área de influencia.

Tienen como objetivos minimizar la probabilidad de incidentes, minimizar los riesgos medioambientales, de pérdida de vidas, de daños a infraestructuras, incluyendo la identificación y seguimiento de los buques con mercancías peligrosas y optimizar la eficiencia en la operación de buques, vías navegables y otros servicios relacionados con el tráfico marítimo.

Nota: Perú cuenta con un control de embarcaciones pesqueras pero no es un VTS.

2.3.6 Sistema de Información y Presentación de Cartas Electrónicas (ECDIS)

El ECDIS no es una “ayuda a la navegación”, según lo definido por la IALA, sin embargo se describe aquí por su gran importancia como herramienta de navegación, al integrar, sobre la pantalla de una computadora personal (PC): a) información proporcionada por los equipos de abordo (GPS, DGPS, AIS, radar, ecosonda, girocompas, corredera, nivel de combustible, etc.) y b) Cartas Electrónicas de Navegación (ENC), una representación digital de la carta de papel pero conteniendo objetos que representan el mundo real.

Sobre el ECDIS se puede realizar similares tareas a las que se realizan sobre el papel y muchas más: cálculo de ángulo y distancia entre dos puntos, trazado de rutas,

trazado de zonas especiales, colocación de objetos y comentarios, lectura de "Avisos a los Navegantes" y otras publicaciones, visualización de imágenes, correcciones de cartas e información meteorológica, etc.

La ECS (Electronic Chart System) es un programa similar al ECDIS y es una alternativa económica para el navegante al no necesitar aprobación de la IMO para ser utilizada. También proporciona un conjunto limitado de funciones, pero suficientes para cumplir los requerimientos de la mayoría de buques.

El Perú posee amplia experiencia en el desarrollo hidrográfico. La Dirección de Hidrografía y Navegación es la entidad responsable de la recolección de información hidrográfica, su compilación y publicación como cartas de papel y cartas electrónicas que cumplen el estándar S-57. En el **Anexo B " Cartas Electrónicas"** se describirán las principales características de algunas cartas poniendo como ejemplo algunas cartas editadas en Perú. Este es un aspecto importante a revisar para comprender para el desarrollo del presente documento.

Del mismo modo, en los buques de la armada peruana realicé el diseño para la instalación y configuración del ECDIS optimizando su uso mediante la interconexión con diversos periféricos. El **Anexo C "ECDIS en la Armada Peruana"** muestra algunos detalles del ECDIS y la manera cómo se conecta con otros dispositivos. En el trabajo realizado se consideró la utilización futura de la señal de corrección de posicionamiento DGNS.

2.4 GPS. Conceptos y Fuentes de Error

Básicamente el Sistema de Posicionamiento Global funciona mediante la transmisión, desde cada satélite, de señales codificadas llamadas ruido pseudo aleatorio (PRN). Estas señales experimentan cierto desfase entre ellas de acuerdo a la distancia que tardan en alcanzar al receptor GPS. Es el receptor GPS el que realiza cálculos de posición, velocidad y tiempo, basados en la triangulación de por lo menos cuatro satélites de los cuales se conoce su recorrido (efemérides).

2.4.1 Los Tres Segmentos del Sistema

El sistema está dividido en tres segmentos conocidos como: a) Segmento Espacial, b) segmento de control y c) Segmento de Usuario.

a. Segmento Espacial

El segmento espacial del sistema consiste de los satélites GPS. Esos vehículos espaciales envían señales de radio desde el espacio. El grupo de satélites, llamado constelación, consiste de 24 satélites que orbitando la tierra en periodos de 12 horas. Se dispone de satélites operacionales adicionales para respaldo.

Las órbitas de los satélites repiten casi la misma ruta sobre la tierra (mientras la tierra gira debajo de ellos) una vez cada día. La altitud de la órbita (20,200 Km) permite que los satélites repitan la misma ruta y configuración sobre cualquier punto aproximadamente cada 24 horas (4 minutos más temprano cada día). Existen seis planos orbitales (con cuatro satélites en cada plano), igualmente espaciados (60° de separación) e inclinados 55° respecto al plano ecuatorial. Esta constelación provee al usuario de 5 a 8 satélites visibles desde cualquier punto de la tierra.

b. Segmento de Control

El segmento de control consiste de un sistema de estaciones de rastreo localizadas alrededor del mundo. El control maestro está localizado en la base de la fuerza aérea Schriever (Falcon AFB) en Colorado. Las estaciones de supervisión miden las señales de los satélites los cuales son incorporados en los modelos orbitales de cada satélite. Los modelos calculan los datos orbitales precisos (efemérides) y las correcciones de los relojes para cada satélite. La estación de control maestra actualiza las efemérides y los datos del reloj para los satélites. Los satélites entonces envían los datos de efemérides orbitales a los receptores GPS en sus transmisiones.

c. Segmento de Usuario

Consiste de receptores GPS y la comunidad de usuarios. Los receptores GPS calculan la posición, velocidad, y tiempo de las señales recibidas. Son necesarios cuatro satélites para calcular las cuatro dimensiones X,Y,X y tiempo . Los receptores GPS son usados para Navegación en tres dimensiones, posicionamiento, diseminación de frecuencia y tiempo, y otros usos.

2.4.2 Tipos de servicios

Son los siguientes:

Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS).- Usado por usuarios autorizados con equipamiento y claves criptográficas y receptores especiales.

Servicio de Posicionamiento Standard (SPS).- Utilizado por usuarios civiles de todo el mundo sin restricciones de ningún tipo.

2.4.3 Señales y Códigos

Las señales portadoras transmitidas tienen las siguientes características:

- **L1.-** Frecuencia de 1,575.42 MHz. Transporta el mensaje de navegación y las señales de código del sistema de posicionamiento estándar.
- **L2.-** Frecuencia de 1227.60 MHz. Permite medir el retardo en la Ionósfera.

Los códigos binarios (modulan la fase de las portadora L1 y L2) son:

- **C/A.-** Significa adquisición tosca (Coarse acquisition). Modula la fase de portadora L1. Es un código de Ruido Pseudo Aleatorio (PRN, o Pseudo Random Noise) con una tasa de repetición de 1.023 Mhz. Este código realiza la modulación, extendiendo el espectro (Técnicas Spread Spectrum) sobre un ancho de banda de 1.023 MHz. El código C/A se repite cada 1023 bits (un milisegundo). Cada satélite posee un código (o secuencia) único el cual le permite ser diferenciado de los demás. El código C/A es la base para el SPS.
- **P.-** Significa preciso. Modula la fase de las portadoras L1 y L2. Es un código pseudo aleatorio muy largo de 10.23 Mhz. Para obtener mayor seguridad, el código P es encriptado en el código Y. Es la base del PPS.

La señal del código C/A de L1 es también modulada por el mensaje de navegación, el cual es una señal de 50 Hz que consiste datos que describe las órbitas del satélite GPS, sincronización, y parámetros adicionales del sistema.

La siguiente figura (2.1) grafica la la relación de estas señales y códigos

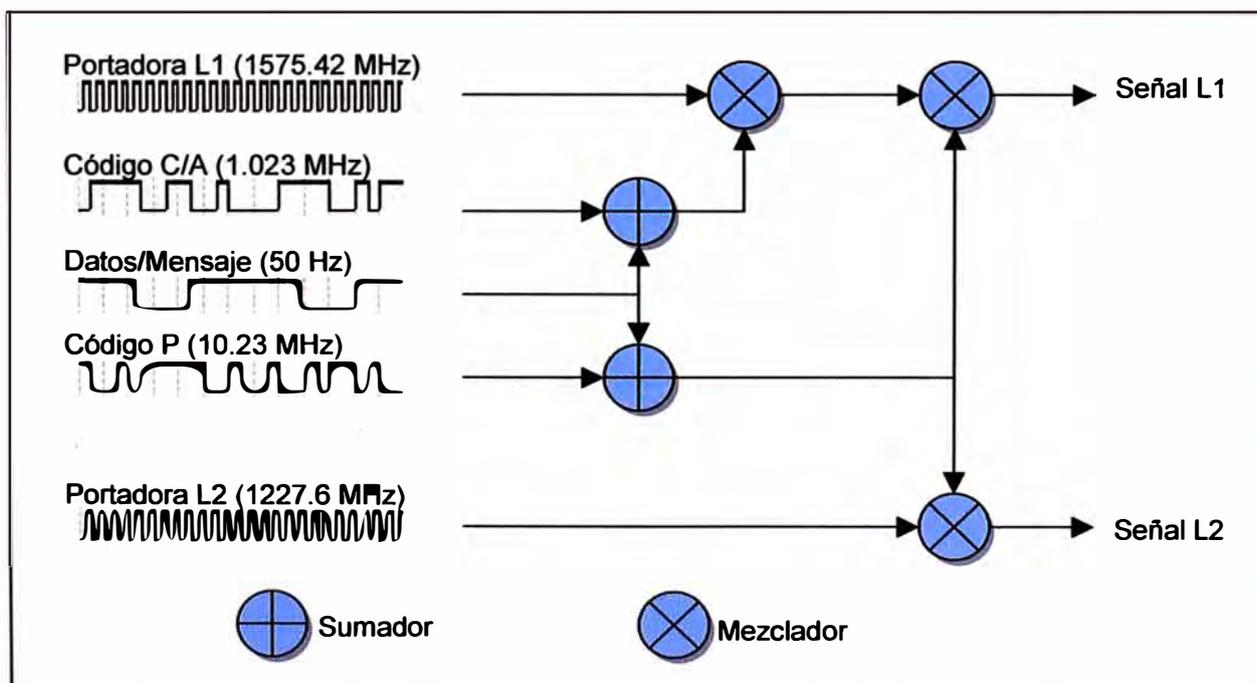


FIGURA 2.1 Códigos y Señales del GPS

2.4.4 Datos del Mensaje

Contiene datos orbitales del satélite (efemérides y almanaque), correcciones del reloj del satélite, y datos del sistema..

Los parámetros de efemérides describen las órbitas de los satélites para secciones cortas de las órbitas de los satélites. Un receptor reúne nuevos datos de efemérides cada hora, pudiendo ser útiles hasta por 4 horas sin generar mucho error. Este dato ayuda al receptor a calcular su posición. El almanaque consiste de un conjunto de parámetros de datos orbitales aproximados para todos los satélites. Estos parámetros describen las órbitas de los satélites por grandes periodos de tiempo. Poseer un almanaque actualizado reduce ostensiblemente el poder calcular la posición mucho más rápido cuando se enciende el receptor GPS.

Dentro de los datos del sistema se incluye un modelo ionosférico para ser usado por el receptor para reducir el error producido por el retardo de la señal al atravesar la ionósfera. Los parámetros de los datos del reloj permiten corregir el reloj del receptor con una precisión de 100 ns.

2.4.5 Cálculo de Posición y Tiempo

a. Código Pseudo Aleatorio:

Es necesario recalcar que:

Cada tiempo de bit es subdividido en m intervalos cortos llamados **chips**.

Se generan 1023 chips por bit (cambio de fase cada 1ms).

Cada Satélite tiene una única secuencia de chip.

Todas las secuencias de chip son **ortogonales par a par**, lo que significa que el producto normalizado de dos distintas secuencias de chip, **S** y **T** ($S \cdot T$), es 0.

También $S \cdot \bar{T} = 0$, $S \cdot \bar{S} = -1$ y $S \cdot S = +1$ (notación bipolar)

Una estación para transmitir un "1" envía su secuencia de chip. Para transmitir un "0", envía el complemento (a 1) de su secuencia de chip. El código pseudo aleatorio permite la superposición de la señal de cada satélite. La extracción de un código específico por cada satélite se realiza al multiplicar la señal recibida por cada código. De allí se determina que satélites está transmitiendo, y si están transmitiendo un "1" o un "0".

b. Cálculo de Posición

La posición es determinada de manera instantánea al estimar la distancia a cada satélite basado en el tiempo que le tomó a la señal alcanzar el receptor. Para ello se usan los datos de efemérides proporcionados por cada satélite y la corrección del reloj, y una

posición estimada del receptor, la cual puede ser la última posición del receptor calculada, o una posición aproximada introducida en el receptor para ser usada como inicio de cálculo.

La intersección de las esferas, centradas en cada satélite involucrado en el cálculo y con radios correspondientes a las distancias estimadas, producen soluciones de posición de las cuales se descarta las incongruentes.

Cuatro satélites, como mínimo, pueden ser usados para determinar la posición en tres dimensiones y el tiempo. Las dimensiones de la posición son calculadas por el receptor en las coordenadas centradas y fijadas en la tierra. "Ver" tres satélites sólo nos podría calcular la posición en dos dimensiones, horizontal (en la latitud y longitud) dada una altura estimada (nivel del mar o aeronave con altímetro). Cinco o más satélites pueden proveer posición, tiempo y redundancia.

El sistema de coordenadas usado (Datum) para la latitud y la longitud, es el WGS-84 (World Geodetic System 1984). Los receptores a menudo pueden ser configurados para mostrar otros DATUM tales como el SAD-56 (usado en antiguas cartas del IGN) y coordenadas métricas (UTM) o geográficas (grados, minutos y segundos). Es necesario recalcar que las coordenadas obtenidas con un Datum no pueden ser usadas sobre cartas hechas en otro datum, ya que pueden aproximadamente en varios cientos de metros.

c. Cálculo de Velocidad y tiempo

La velocidad se calcula del cambio de posición en un lapso de tiempo, las frecuencias doppler del satélite o ambas. El tiempo es calculado del tiempo en satélite, el tiempo del GPS, y el tiempo UTC (Tiempo Universal Coordinado).

Cada satélite contiene cuatro relojes atómicos los cuales son supervisados por las estaciones de control y que ocasionalmente son restablecidos para mantenerlos sincronizados. El tiempo del satélite es colocado en el receptor GPS.

La trama de bits de datos de 50Hz es alineada con las transiciones del código C/A para que el tiempo de arribo del flanco de bits de datos (sobre 20 ms de intervalo) resuelva la distancia dentro del milisegundo más cercano.

2.4.6 Aspectos de Precisión

Errores en los cálculos de posición se producen por diversos factores, muchos de los cuales pueden ser fácilmente corregidos por una estación diferencial, la cual se ve afectada por los mismos errores pero conoce su verdadera posición.

Los errores en la obtención de la posición exacta los clasificaremos en:

Errores que no pueden ser manejados por una estación DGNSS

Errores comunes a la estación DGNSS y al receptor.

Errores fatales o crasos.

Errores producto de la Geometría de los satélites.

a. Errores que no pueden ser manejados por una estación DGNSS

Errores de Múltiple trayectoria.- Cuando las señales que se reflejan son significativamente potentes de manera que el receptor las toma en cuenta, afectando de esta manera el cálculo de posición al considerar una distancia mayor (la efectuada por el rebote). El error se soluciona mediante el uso de antenas que limiten la recepción de múltiples trayectorias.

Errores de ruido del receptor.- Inherente al estado del equipo receptor

b. Errores comunes a la estación DGNSS y al receptor

Afectan tanto al receptor cómo al equipo de referencia (estación DGNSS). Ellos son:

Errores de Efemérides.- U órbita. Que son utilizados por el receptor para los cálculos puede no presentar ciertas discrepancias con la realidad, al no ser actualizados constantemente sino en periodos de tiempo extendidos (1 hora). Por ello un error de efemérides puede aparecer en el lapso de tiempo transcurrido entre dos actualizaciones de estos datos.

Relojes de los satélites.- A pesar de que los relojes que se usan son muy precisos, no son perfectos. El desfase o falla de un reloj puede ocurrir traduciéndose en un error de medida del tiempo de viaje de la señal.

Retardos en la tropósfera.- La tropósfera es la parte más baja de la atmósfera (hasta 8 o 13 Km por sobre la superficie). Experimenta cambios en temperatura, presión, humedad, que están asociados a los cambios climáticos. Modelos complejos de los retardos de la tropósfera requiere estimar o medida esos parámetros. Hay un par de formas para minimizar este tipo de error. Por una parte podemos predecir el retardo típico que podría haber en un día típico. Esto es llamado modelamiento. Su utilidad es relativa ya que las condiciones atmosféricas no son exactas y muchas veces no predecibles.

Retardos ionosféricos.- La ionósfera es la zona de la atmósfera situada entre los 50 hasta los 500 km. Consiste de partículas ionizadas las cuales pueden ejercer un efecto perturbador en los cálculos. Parte del error puede ser reducido mediante un modelamiento matemático. Sin embargo representa uno de las fuentes de error más

significativas. Los modelos matemáticos de la atmósfera toman en consideración las partículas cargadas en la ionósfera y el contenido gaseoso variante de la tropósfera. Los satélites transmiten constantemente las actualizaciones del modelo ionosférico.

Nota: Las señales electromagnéticas sufren el fenómeno de refracción a su paso por las distintas capas de la atmósfera, lo que se traduce en un retardo. Este retardo se puede resolver haciendo mediciones sobre dos señales de distinta frecuencia. La refracción se correlaciona con la frecuencia (las señales de baja frecuencia son refractadas o reducidas en velocidad más que las frecuencias altas). Los satélites transmiten en dos frecuencias, por lo que un receptor geodésico (de doble frecuencia) puede resolver este error. Sin embargo el código C/A viene modulado solo en la frecuencia L1, lo que limita a los receptores de de frecuencia simple.

c. Errores fatales o crasos

Se originan en el error humano o de los propios equipos. Estos son:

Errores del segmento de control.- Son debidos a un error humano o de la computadora. Pueden causar errores desde 1 m hasta cientos de kilómetros.

Errores del usuario.- Incluye la selección errónea de DATUM geodético. Pueden causar errores hasta de cientos de metros.

Errores del receptor.- Fallas en el software o hardware causan errores de cualquier tamaño, cómo los mostrados en el Anexo A.

d. Errores producto de la Geometría de los satélites.

Esto implica que cuanto más alejados se encuentren los satélites de referencia uno de los otros, mejor será el cálculo.

Esto se debe a que los cálculos son determinados por las intersecciones de las esferas imaginarias con radio igual a la distancia al satélite y centrados en ellos. La geometría de las posiciones satelitales pueden debilitar la precisión de la posición calculada en el receptor. Esto se conoce cómo "Dilución de la Precisión Geométrica" GDOP (Geometric Dilution of Precision).

Debe tenerse en cuenta que existen mas satélites disponibles que los que el receptor necesita para calcular la posición. El receptor por ello escoge sólo algunos ignorando al resto. Si escoge satélites que se encuentran demasiado cerca en el cielo, las esferas que se intersectan y que definen la posición se cruzarán en ángulos estrechos, incrementando el margen de error de la posición. Si selecciona satélites que están ampliamente separados, dicho margen de error se reduce.

Los equipos receptores indican el grado de dilución existente en el cálculo de la posición. Se dice GDOP pobre, cuando los ángulos del receptor al conjunto de los

satélites usados son similares. Se dice GDOP bueno cuando los ángulos de receptor a los satélites son distintos.

El GODP:

- Es calculado de las relaciones geométricas entre la posición de receptor y las posiciones de los satélites usados por el receptor.
- Para su cálculo a menudo se hace uso de los almanaques y de una posición estimada.
- No toma en cuenta los obstáculos que bloquean la línea de vista desde la posición a los satélites. Un GODP estimado podría no ser realizable en un valle profundo.

Para estimar la posición resultante, los errores de rango (ángulo y distancia) de las señales de los satélites son multiplicados por el término GDOP apropiado o el error de tiempo.

El GDOP posee componentes que se describen a continuación:

- PDOP.- Dilución de la precisión de posición (3-D), algunas veces el DOP esférico.
- HDOP.- Dilución de precisión horizontal (Latitud, Longitud).
- VDOP.- Dilución de posición vertical (Altura).
- TDOP.- Dilución de precisión de tiempo(Tiempo).

Estos componentes pueden ser calculados de manera individual. Ellos están formados covarianzas y no son independientes una de las otras. Una gran dilución de precisión de tiempo TDOP, por ejemplo, causará errores en el reloj de los cuales eventualmente, ocasionaran incrementos en los errores de posición

Para tener una idea del impacto de los errores se puede analizar la tabla 2.5 "Sumario de los errores GPS" a continuación.

TABLA 2.5 Sumario de los errores GPS (en metros)

Fuentes de Error	GPS Estándar	GPS Diferencial
Relojes de Satélites	1.5	0
Efemérides	2.5	0
Ionósfera	5.0	0.4
Tropósfera	0.5	0.2
Ruido del Receptor	0.3	0.3
Múltiple trayectoria	0.6	0.6

CAPITULO III

LA ESTACION TRANSMISORA DE DATOS DIFERENCIALES

3.1. Concepto Básico del Sistema

Un Servicio de Navegación DGNSS mejora el Sistema de Posicionamiento Global Navstar (GPS) y el GLONASS al proveer factores de corrección e información auxiliar transmitidas en la banda situada entre 283.5-315 Khz Región 1, o 285-325 kHz para las Regiones 2 y 3, moduladas en MSK (Minimum Shift Keying) a las unidades GPS receptoras situadas dentro de una determinada área de influencia. Estas estaciones transmisoras DGNSS vienen a formar parte del sistema de señalización de Radiofaros Marinos LF/MF, dado que las frecuencias usadas se encuentran en el límite (300 Khz) de las Bandas de Frecuencia Baja (LF) y Frecuencia Media (MF).

El servicio provee a los GPS receptores, (debidamente equipados con receptores DGNSS) de una mejor precisión de la posición horizontal de 3 m o mejor (el 95% del tiempo) dentro de las áreas de cobertura. Poseer un servicio DGNSS representa una inversión estratégica en seguridad marina y prevención de contaminación del medio ambiente. El DGNSS es el soporte para otras tecnologías tales como el ECDIS, el AIS y el VTS en su máximo potencial. Por ello es que constituye un elemento esencial en la seguridad marina.

El equipo del usuario (GPS receptor) recibe el estado del sistema y datos de actualización de manera continua. El servicio DGNSS no sólo mejora la precisión del Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS), también provee Integridad, supervisión y reportes en tiempo real.

La figura 3.1 muestra el concepto básico del sistema DGNSS. El sistema DGNSS posee estaciones remotas autónomas DGNSS enlazadas con oficinas de supervisión y control asistidas (CM). Una estación DGNSS típica comprende: a) estaciones de referencias (RS) que generan las correcciones DGPS, b) monitores de integridad (IM) las cuales verifican la exactitud y validez de las correcciones generadas por la estación de referencia, y c) El transmisor del Radiofaro (LF/MF TX) el cual transmite las correcciones generadas por la estación de referencia para los usuarios marinos. Una oficina de control y supervisión, durante las 24 horas mantiene una comunicación bidireccional con las

estaciones DGPS, supervisando el sistema y reporta cualquier problema.

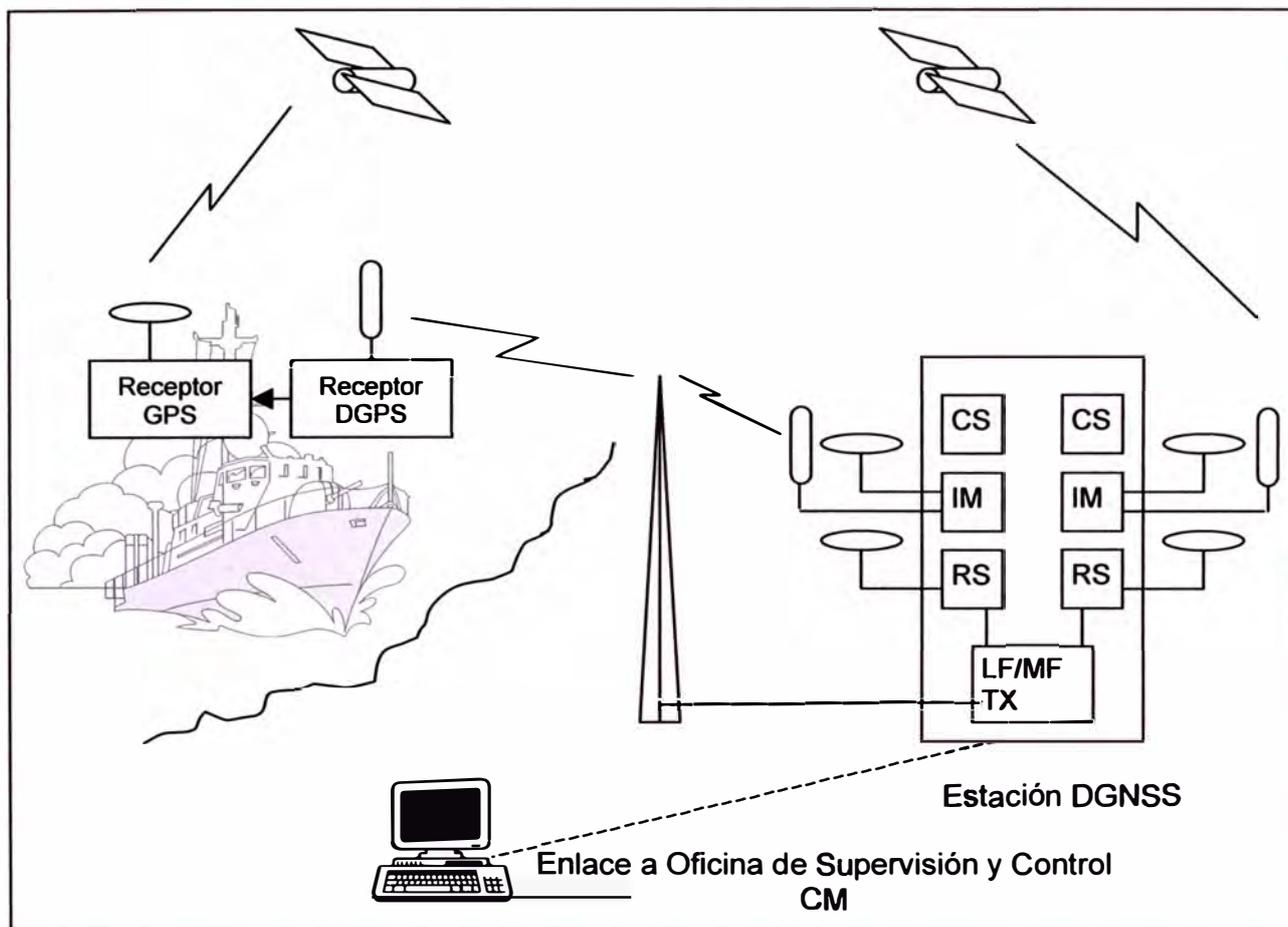


FIGURA 3.1 Servicio DGPS Típico

3.2 Requerimientos para el Servicio DGNSS

La remoción de la Disponibilidad Selectiva (SA) en mayo de 2000 no disminuyó los requerimientos para la aumentación del GNSS. Sin datos diferenciales la precisión del GNSS podría contener errores significativos por grandes periodos de tiempo, lo que es peor al no tener información de integridad. Esto podría ser aceptable para algunos usuarios, tal cómo pescadores y yates, pero no lo es para Buques Mercantes, los cuales normalmente operan márgenes de seguridad extremos y grandes riesgos. Por otro lado, la remoción de la Disponibilidad Selectiva permite al operador del servicio DGNSS a reducir la tasa de datos.

En las siguientes secciones se describirán los requerimientos del sistema, es decir para su funcionamiento y supervisión. Estos se basan en la suposición de que el equipo del usuario cumple con las especificaciones IEC 61108-1 "GPS Receiver Equipment, Performance standards, methods of testing and required results.", y la IEC 61108-2 "GLONASS Receiver Equipment, Performance Standards, methods of testing and

required results.". Cada uno de los sistemas mencionados debe funcionar combinado con un receptor de datos diferenciales GNSS de acuerdo a las especificaciones IEC 61108-4 "Shipborne DGPS and DGLONASS Maritime Radio Beacon Receiver Equipment", algunas precisiones al respecto del equipo receptor de datos diferenciales se mencionan en el Anexo "D"

3.2.1 Formato de Datos Transmitidos

El formato de los datos transmitidos por una estación DGNSS están detalladas en la Recomendación ITU-R M.823. En la tabla 3.1 se muestran los tipos de mensajes existentes.

TABLA 3.1 Tipo de Mensaje RTCM

Descripción del Mensaje	GPS Número del tipo de mensaje	GLONASS Número del tipo de mensaje
Correcciones diferenciales GNSS (conjunto completo de satélites)	1	31
Parámetros de la estación de referencia	3	32
Datos (Datum) de la estación de referencia	4	4
Estado de funcionamiento (salud) de la constelación	5	33
Trama nula	6	34 ($N = 0$ o $N = 1$)
Información sobre las transmisiones del radiofaro (Radio Beacon Almanacs)	7	35
Subconjuntos de correcciones diferenciales GNSS (puede sustituir a los tipos 1 ó 31)	9	34 ($N > 1$)
Mensajes especiales	16	36

3.2.2 Disponibilidad

En la Resolución de la IMO A.860(20) se define a la disponibilidad en general cómo "El porcentaje de tiempo en el que una ayuda o sistema de ayudas, realiza sus funciones bajo situaciones establecidas".

Para el sistema en cuestión podemos precisar que "**Disponibilidad de Transmisión**" se define cómo el porcentaje de tiempo (sobre un periodo predeterminado) durante el cual una estación DGPS transmite una señal adecuada a una potencia especificada. Típicamente, los servicios DGPS deben estar diseñados para tener una disponibilidad que exceda 99.7%. La disponibilidad de Transmisión es una función del Tiempo Medio Entre Interrupciones "MTBO" (Mean Time Between Outages), y el Tiempo Medio para Restauración del Servicio "MTSR" (Mean Time to service Restoration). Ambos basados en un periodo promedio de dos años. Matemáticamente es representado por: $\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBO}}{\text{MTBO} + \text{MTSR}}$. Esta fórmula se aplica tanto para

interrupciones del servicio programadas y no programadas (Mantenimiento preventivo, correctivo). En el Anexo "E" se muestra un ejemplo para el cálculo de la disponibilidad.

En sí la Disponibilidad de Transmisión depende de la fiabilidad conjunta de todos los equipos de la estación DGPS transmisora. Esta fiabilidad se puede interpretar cómo la probabilidad de que la estación transmisora DGPS esté proveyendo correcciones DGPS válidas y a una potencia específica cuando el usuario selecciona recibir la transmisión de una estación particular.

"Disponibilidad de la Señal" es el porcentaje de tiempo que el equipo de usuario puede recibir y usar la información DGPS asumiendo que la transmisión está disponible.

La **"Disponibilidad del Usuario"** se refiere a la capacidad del usuario de recibir y usar la transmisión DGPS. Este parámetro es una depende de tres factores: a) Disponibilidad de Transmisión; b) Disponibilidad de la Señal. c) El número de estaciones DGPS que proveen la cobertura. Este último factor provee la mayor disponibilidad del servicio al contar con una estación DGPS alternativa cuando otra estación (situada en la misma área de cobertura) falle.

3.2.3 Integridad

Es la capacidad para proveer a los usuarios advertencias durante el tiempo en el que el sistema no debería ser usado para navegación. La administración responsable (la DHN de la MGP) debería incluir en sus publicaciones "Aviso a los Navegantes", el criterio usado para identificar una falla en la integridad. Es recomendado que se use como el criterio menos severo un error de posición mayor que 10m persistente por más de 20 segundos.

El tiempo para transmitir una advertencia de integridad al usuario, desde su ocurrencia detección, no debería ser menor de 10 segundos. Cuando se ha determinado que la condición de error ya no existe, podría considerarse un retardo similar antes de que la advertencia sea removida.

Los datos de integridad se transmiten en la cabecera de los mensajes transmitidos, por lo que será innecesario colocar estas advertencias en los mensajes especiales en formato de texto.

La integridad del sistema funciona mediante la utilización de un "monitor de integridad" (IM), situado en el mismo sitio de la estación de referencia. El IM verifica la precisión de las correcciones transmitidas, al comparar la posición corregida con la posición real de la antena del receptor GPS. Esta comparación debe estar dentro de

ciertos límites, en caso contrario el personal de la oficina de control (CM) y el usuario serán alertados de este hecho.

3.2.4 Precisión

La precisión de posicionamiento para el servicio DGPS se plantea para que sea de 3 metros o mejor (95% del tiempo) en todas las áreas de cobertura especificadas para un receptor GPS del usuario, (asumiéndose una HDOP < 2.3).

3.2.5 Area de Cobertura

Cuando se diseña un servicio DGPS, los requerimientos de cobertura del usuario son claves para determinar la configuración del sistema. El mapa de cobertura es definido usualmente por un contorno (para una intensidad de campo determinada de la señal). La intensidad de la señal requerida debe ser determinada por los requerimientos de cobertura.

Los rangos nominales de las estaciones sobre rutas oceánicas deberán ser publicados indicándose la intensidad de campo (por ejemplo 50, 75 o 100 $\mu\text{V/m}$) lo que ha sido especificado por el documento "ITU Radio Regulations Volume 1, Geneva 1998".

Los diagramas de cobertura publicados son normalmente basados en un software de modelamiento de predicciones sin embargo es preciso sean verificados mediante mediciones. El proceso de modelamiento puede ser bastante complejo y difícil, especialmente sobre rutas mixtas (mar/tierra). La IALA provee servicios de modelamiento para este servicio los cuales deben ser solicitados por la oficina responsable.

Para la predicción de la cobertura, se debería considerar los siguientes factores:

Potencia Radiada.- Debido al gran tamaño de la longitud de onda (aprox.1,000 metros) comparado con la longitud de cualquier antena utilizada para la transmisión de correcciones DGPS, se posee una baja eficiencia por lo que la potencia radiada usualmente está en el orden de **1 a 20 %** (posiblemente hasta 30%) de la potencia del transmisor, el cual típicamente está entre 50 a 500 vatios.

Trayectoria de superficie.- Atenuaciones adicionales deben ser calculadas de las actuales curvas ITU-R (Recomendación UIT-R P.368 "Curvas De Propagación Por Onda De Superficie", y Recomendación UIT-R P.832 "Atlas Mundial de La Conductividad del Suelo para Frecuencias Comprendidas Entre 10 Khz Y 30 Mhz) aplicándose para efectos prácticos la curva a 300 kHz".

Nota: La señal transmitida por la estación DGNSS opera alrededor de 300 kHz, y viaja cómo una onda de superficie. Esta onda es atenuada a una tasa que depende de la naturaleza del terreno. La atenuación es menor sobre la superficie del mar y mayor sobre terreno seco o montañoso de baja conductividad eléctrica. La atenuación de la trayectoria

puede ser calculada por un modelamiento por computadora. Para una potencia dada transmitida por la Estación DGNSS el modelo calcula la intensidad de campo de la onda de superficie en cada punto de interés.

Trayectoria de la Onda Ionosférica.- Es necesario considerar el desvanecimiento debido a la propagación de la onda espacial de la señal de la estación DGPS. Durante la noche, la intensidad de campo en cada punto del área de cobertura no debería ser menor del rango nominal al menos el 95% del tiempo. Estos datos deberían ser calculados basándose en la Recomendación UIT-R P.1147 "Predicción de La Intensidad De Campo de la Onda Ionosférica en Frecuencias Comprendidas entre 150 Y 1,700 KHz",

Nota En localizaciones más allá de 100 km de la estación, su propia señal podría ser también recibida como ondas reflejadas por la ionósfera. Estas ondas interfieren con la onda de superficie ocasionando desvanecimiento que es imperceptible de día pero podrían ser fuertes durante la noche; ello podría variar también con la estación del año. Para la operación nocturna un modelo de computadora estima en cada punto la intensidad de la señal que está disponible al menos el 95% del tiempo bajo condiciones de desvanecimiento. La Onda Ionosférica, la cual fue ignorada previamente en el planeamiento de los sistemas DGNSS, ha demostrado ser un factor importante, especialmente para los DGNSS de gran rango.

Ruido Atmosférico.- Los niveles de ruido atmosféricos asumidos deberían estar en concordancia con las curvas para los 300 kHz. Es recomendable que el nivel de ruido no sea excedido más del 95% del tiempo en promedio a lo largo de un año. Para esto se pueden usar los documentos relacionados ("Características y Aplicaciones de Datos de Ruido Atmosférico," Reporte ITU 322-3, o la Recomendación UIT-R P.372 "Ruido Radioeléctrico*").

Nota: La principal fuente de ruido que limita el rango de operación de los radiofaros es el atmosférico. Es causado por descargas eléctricas. Típicamente el ruido atmosférico es más fuerte en las regiones ecuatoriales pero se propaga de tal manera que está presente todo el tiempo en todo el planeta. Su intensidad varía con el lugar, la hora del día, y la estación del año; por consecuencia también los rangos de las Estaciones DGNSS. Un modelo computacional consulta la base de datos del ruido atmosférico (construido de las fuentes de la ITU) para calcular que el nivel de ruido no se exceda el 95% de tiempo..

Ruido Industrial,- . Debe ser tomado en cuenta el ruido producido por el hombre donde sea significativo en comparación con las fuentes naturales de ruido.

Tasa de bits.- Por lo general es usada para las transmisiones de las correcciones diferenciales una tasa de 100 bps. Sin embargo, en áreas en donde sea muy importante lograr una mayor precisión, podría aplicarse una tasa de 200 bps. Esta tasa es más susceptible al ruido Gaussiano que la tasa de 100 bps, y por ende proveerá un menor rango

Interferencia.- La interferencia causada por las estaciones en el canal propuesto y en los canales cercanos situados en frecuencias +/- 3 kHz deben ser tomadas en consideración. En este caso si la selección de frecuencia cae dentro del rango mencionado se deberán aplicar las "Relaciones de Protección" especificados en el cuadro 5 de la recomendación ITU-R 823-M (*Características Técnicas de Las Transmisiones Diferenciales Efectuadas para Sistemas Mundiales De Navegación Por Satélite desde Radiofaros Marítimos en la Banda de Frecuencias 283,5-315 Khz En La Región 1 Y 285-325 Khz En Las Regiones 2 Y 3*), el cual considera los tipos de interferencia y la frecuencia, tanto para la onda de superficie cómo para la onda ionosférica.

Nota Un modelo computacional evalúa la influencia de interferencias de co-canal y de canales adyacentes. Se podría usar este modelamiento para graficar la cobertura durante el día o la noche, o para estimar la cobertura promedio anual, o en el peor caso. La cobertura de día y de noche podría diferir significativamente, ya que: a) durante la noche el rango podría verse incrementado ya que la señal se propaga cómo onda ionosférica así cómo por onda de superficie, o podría reducirse por la interferencia resultante. b) También durante la noche, la propagación de la onda ionosférica de una estación interferente podría reducir el rango efectivo de la Estación DGNSS.

3.2.6 Desempeño del transmisor

El desempeño del transmisor LF/MF y su antena pueden verse afectados por las condiciones climáticas, por lo que una Unidad de Sintonización de Antena (ATU) automática debería ser usada para minimizar tales efectos (Acoplador de antena).

Algunas oficinas responsables del sistema proveen antenas de respaldo para mantener el servicio ante daños por tormentas o periodos de mantenimiento. También es una práctica normal duplicar el transmisor, la estación de referencia y la fuente de energía.

3.2.7 Supervisión

Los monitores de integridad (IM) podrían ser enlazados a una estación central de supervisión y control. Los datos podrían ser recopilados in situ o enviados a la estación central (CM). Es recomendable archivar los datos por un periodo suficiente para poder responder a reclamos sobre el servicio.

3.2.8 Validación

La operación del servicio DGNSS deberá ser cuidadosamente validado de manera periódica en lo concerniente a los siguientes parámetros los cuales son definidos en las recomendaciones IMO:

Precisión

Disponibilidad

Integridad

3.2.9 Publicación de Información

La Dirección de Hidrografía y Navegación deberá publicar la descripción del servicio, incluyendo en ella:

- Nombre de la Estación.- 20 caracteres máximo. incluyendo espacios.
- Número de identificación de la estación de transmisión.- Sudamérica entre 981-990
- Número de identificación de Estación de Referencia 1.- Sudamérica entre 460-479
- Número de identificación de Estación de Referencia 2.- Idem
- Latitud GMS N/S
- Longitud GMS E/W
- Frecuencia.- Para Región 2 de 285 a 325
- Tipos de mensajes transmitidos
- Tasa de bits

3.3 Descripción del Sistema Propuesto

Cómo resultado del "Taller de Ayudas a la Navegación basadas en radiofrecuencias", IALARAD 2 Radionavigation Workshop (Abril 2000, Viña del Mar, Chile), al cual fui encomendado en calidad de consultor, en compañía del Jefe del Departamento de Señalización de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, se concluyó que Perú necesitaba, cómo mínimo tres estaciones DGNSS situadas estratégicamente en el litoral peruano que aseguraran una cobertura de por lo menos 200 millas náuticas (370 Km).

3.3.1 Ubicación y frecuencia de las estaciones de la red DGNSS

Basado en los requerimientos del sistema anteriormente descritos se eleva la propuesta para situar estas estaciones en puertos con presencia de personal de la Marina de Guerra (Capitanía de Puertos) y con frecuencias adecuadas para evitar problemas de interferencia con los NDB regentados por CORPAC. Esto se puede apreciar en la tabla 3.2:

TABLA 3.2 Estaciones DGNSS propuestas

Nombre	Latitud	Longitud	Frecuencia (Khz)
Pimentel	-6° 50' 14.5"	-79° 56' 7.4"	325
Callao	- 12° 1'30.63"	- 77° 8'22.33"	285
Mollendo	-17° 1' 28.1172"	-72° 0' 55"	315

3.3.2 Estimaciones de cobertura

Para las estimaciones de cobertura se fija la potencia del transmisor alrededor de 100w para ser transmitida por una antena vertical de 42 m adoptándose para ella una eficiencia de 10% como mínimo (basadas en mediciones en similares antenas de Corpac). Se considera que la mínima intensidad de campo necesario es de $50\mu\text{V/m}$, muy por encima del mínimo rango de la gama dinámica exigida a los receptores ($10\ \mu\text{V/m}$ a $150\ \text{mV/m}$). Se asume que el sitio de montaje de la estación (cercana al mar, buen plano de tierra, sin obstáculos cercanos) proporciona la mínima atenuación.

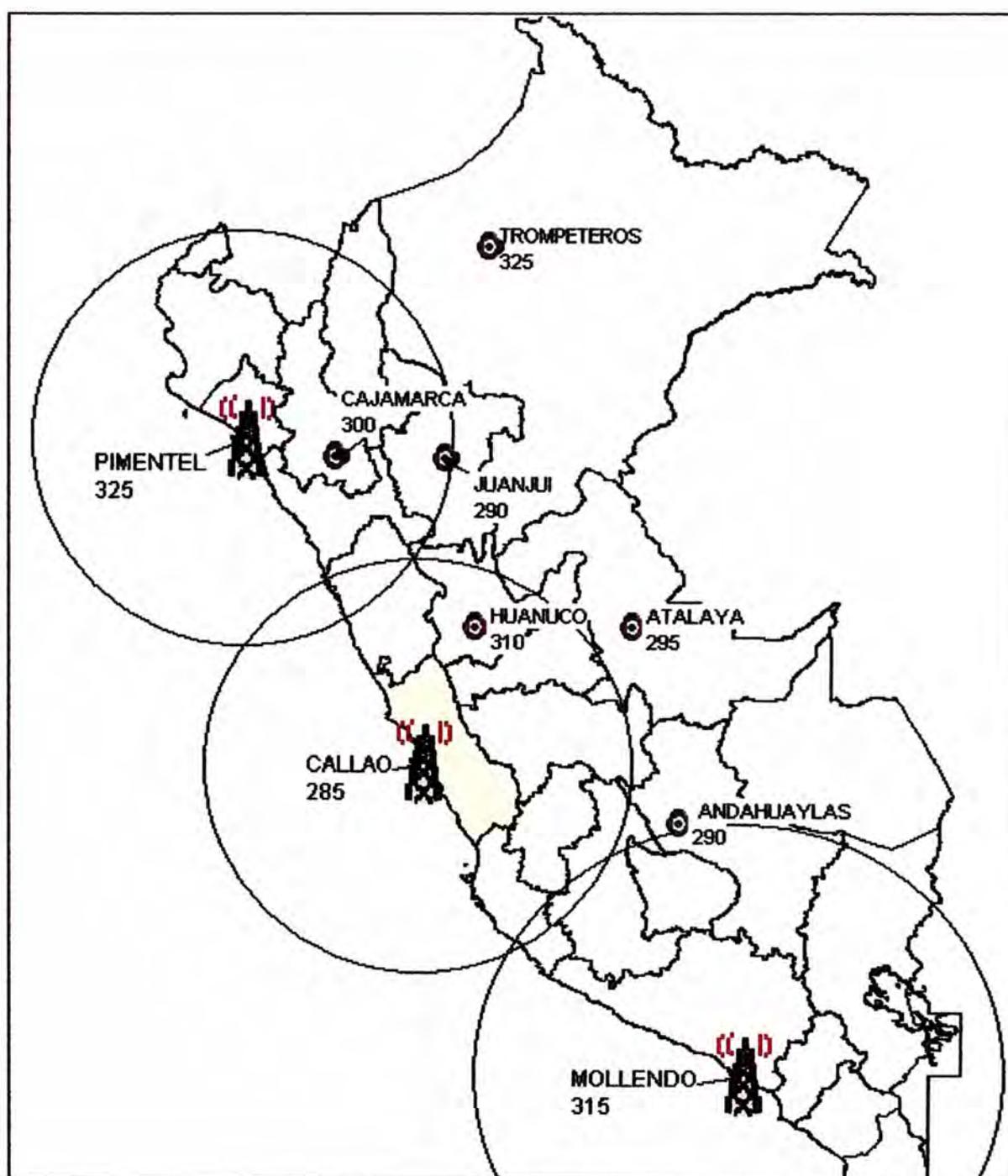


FIGURA 3.2 Area de Cobertura

Haciendo uso de las recomendaciones ITU mencionadas en la sección 3.2 para los datos estimados, se puede pronosticar un alcance máximo de 400 Km. Sin embargo los valores mínimos admitidos por la Autoridad Internacional de Señalización (IALA) pueden ser incluso hasta de 20 $\mu\text{V}/\text{m}$, lo que en los cálculos nos proporciona un rango de 600 Km. Una potencia superior a 100w puede ser transmitida por la estación de Mollendo.

Debido al cese permanente de Disponibilidad Selectiva, se puede maximizar el rango transmitiendo los datos a una velocidad de sólo 50 bps.

Es necesario recalcar que la IMO la única manera confiable de determinar la disponibilidad de la señal es medirla dentro del área de cobertura especificada. Convenientemente la Dirección de Hidrografía posee unidades hidrográficas (buques de pequeña eslora) las cuales recorren el litoral realizando levantamientos batimétricos (profundidad). Al realizarse las mediciones de intensidad de campo de campo durante las mismas travesías y por el mismo personal de la DHN, estos trabajos no representarían costo alguno adicional. La figura 3.2 muestra una aproximación ideal del área de cobertura, así como de las estaciones NDB existentes en la en la banda marina

. 3.3.3 Datos a transmitir

No es necesario que todos los mensajes sean transmitidos. El mensaje tipo 16/36 será usado para transmitir mensajes especiales en formato de texto, tales como información del estado o para información relacionada con la navegación tal como datos meteorológicos o hidrográficos, pero no para la transmisión de alarmas de integridad, las cuales están incluidas en las cabeceras de los mensajes.

Debido a su importancia los datos se define transmitir de los siguientes tipos de mensajes desde cada estación, a diferentes intervalos (mínimos requeridos):

Tipo 1.- cada 15 a 20 segundos.

Tipo 3.- Dos veces por hora. 15 y 45 minutos después de cada hora entera (por ejemplo 13:15. 13:45, 14:15, 14:45, etc.), o cuando haya un cambio en la estación de referencia.

Tipo 5.- Cuatro veces por hora. Debe transmitirse 5, 20, 35 y 50 minutos después de la hora entera. (Por ejemplo 12:05, 12:20: 12:35:, 12:50: 13:05 etc.)

Tipo 6.- Debe difundirse cuando sea necesario ya que es una trama de relleno.

Tipo 7.- Cuatro veces por hora. Debe difundirse 7, 22, 37 y 52 minutos después de la hora entera (Por ejemplo 12:07, 12:22: 12:37:, 12:52: 13:07 etc.)

Tipo16.- Sólo cuando sea necesario.

El mensaje tipo 4 no será incluido debido a que los datos serán transmitidos en el Datum recomendado de WGS84 .

3.3.4 Números de Identidad

Se determina que cada estación transmisora posea una estación de referencia redundante Por ello necesitan asignar para cada sitio dos números de identidad para cada las estaciones de referencia y uno para la estación transmisora. En la tabla 3.3 se muestran los números de identidad .

TABLA 3.3 Números de identidad de estaciones DGNS

Sitio	ID Estación Ref. 1	ID Estación Ref. 2	ID Estación Transmisora
PIMENTEL	470	471	982
CALLAO	474	475	986
MOLLENDO	478	479	990

3.3.5 Equipamiento de la Red DGNS

Cómo se mostró en la figura 3.1, las estaciones DGNS necesitan de una estación de supervisión y control remota que se encuentre enlazada a las Estaciones Transmisoras.

Una estación de control típica requiere del siguiente equipamiento

- Una Computadora personal
- 1 impresora
- Una Fuente de Potencia Ininterrumpible (UPS)
- Conexión a la Red de Datos

Una estación Transmisora DGNS consiste del siguiente equipamiento:

- Dos antenas para Estaciones de Referencia
- Dos Estaciones de Referencia
- Dos moduladores con generadores de portadora LF/MF
- Dos transmisores de 125 vatios
- Un conmutador de RF y de Datos.
- Una carga resistiva de 50 Ohms
- Una antena para el Monitor de Integridad
- Un receptor de Monitor de Integridad (IM), con capacidad de correcciones diferenciales.
- Un receptor datos diferenciales (LF/MF)

- Una BSC (Broadcast Station Controller) para la supervisión, control y registro de datos, además de un software asociado.
- Una fuente de Potencia ininterrumpible (UPS) con capacidad de enlace a la red de datos
- Un ruteador (Router) para enlazar la estación a la Estación Central de Control Y Supervisión
- Un Rack para el soporte de los equipos

La figura 3.3 ilustra de manera resumida la composición de la red DGNS. Los códigos de los equipos mostrados son de la marca Leica, los cuales serán descritos posteriormente en detalle.

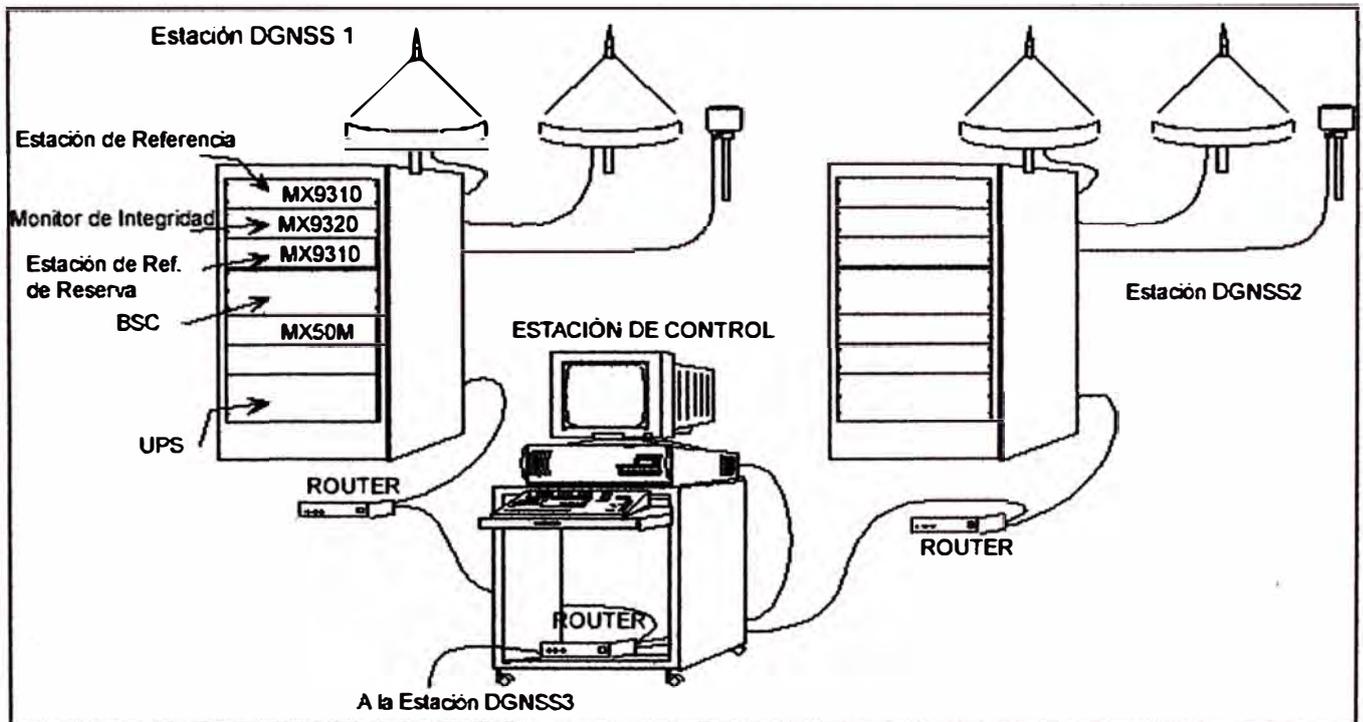


FIGURA 3.3 Elementos de la Red DGNS

3.3.6 Redundancia de Equipos

Para permitir que el sistema continúe operando en caso de una falla de hardware, cada estación DGNS contendrá dos Estaciones de Referencia MX 9310 (RS), un Monitor de Integridad MX 9320 (IM), y un Controlador de la Estación Transmisora (BSC). Cada Estación de Referencia debe estar conectado a un conmutador que seleccione la transmisión de sus datos al transmisor RF. El monitor de Integridad (IM) MX 9320 es un receptor que supervisa continuamente la calidad de los datos transmitidos por la estación DGNS al aplicar las correcciones recibidas a la posición obtenida por el receptor GPS, comparando el resultado con la posición fija conocida. El IM supervisa continuamente el

desempeño del transmisor y de los datos DGNS, lo que incluye la disponibilidad y geometría de los satélites, la exactitud y calidad de los datos de corrección, la presencia de señal DGNS, y el nivel de potencia. Cuando sea detectada cualquier condición fuera de los márgenes establecidos, un mensaje de alarma será inmediatamente enviado a la BSC la cual a su vez enviará un mensaje a la Estación de Control Remota.

Ambas Estaciones de Referencia estarán totalmente funcionales con la única excepción que sólo una estará transmitiendo datos de corrección a través del modulador LF/MF. Por lo tanto el conjunto de equipos en operación que estén transmitiendo los datos de corrección se le denominará Unidad Activa, y la otra la Unidad de Respaldo. El segundo conjunto de equipos opera "en caliente", lo cual significa que puede ser activado en cualquier momento, sin necesidad de esperar tiempo en su encendido, inicio o configuración. Adicionalmente, si por alguna razón los datos DGNS transmitidos no son de la calidad requerida (no saludables), la Unidad de Respaldo podrá ser activada automáticamente o manualmente desde la Estación de Control Remota.

Cualquier falla resultante de la pérdida o disminución de la potencia de la señal RF del transmisor ocasionará que automáticamente se conmute al otro transmisor. Ya que la BSC controla y supervisa a los transmisores, moduladores, Monitores de Integridad y Estaciones de Referencia, una falla en cualquiera de los equipos será automáticamente detectada.

En caso de una falla total de energía en el sitio de la estación DGNS, el BSC tendrá suficiente tiempo para establecer un enlace con la Estación de control Remota para reportar el problema. Esto debido a la existencia de un UPS, el cual deberá a su vez ser controlado periódicamente para establecer el estado de sus baterías.

3.3.7 Estación DGNS

La Estación DGNS es el lugar en donde se encuentran la Estación de Referencia, el Monitor de Integridad, y el Controlador de la Estación (BSC). La Red DGNS consiste de las tres Estaciones DGNS propuestas cada una conectada de manera continua a una Estación de Control Central (asistida con personal permanente) por medio de un enlace de comunicación a la red de datos. Cada Estación DGNS transmite continuamente las correcciones e información relacionada. La existencia de equipo redundante evitará una caída en la calidad de los datos o la señal transmitida.

En general, La Estación DGNS opera autónomamente, reportando a la Estación de Control Central periódicamente. En caso de falla o cuando se exceden los parámetros de tolerancia se transmite de manera inmediata. La supervisión del estado de la señal y

de las correcciones transmitidas las realiza el Monitor de Integridad. Si el monitor de integridad deja de funcionar, la estación continuará transmitiendo. Este hecho será comunicado tanto al receptor del usuario (navegante) cómo a la estación central.

La estación DGNSS puede ser controlada ya sea a) remotamente por la Estación de Control, o b) por un operador situado en la misma estación.

En la figura 3.4 se muestra los equipos localizados en la Estación DGNSS.

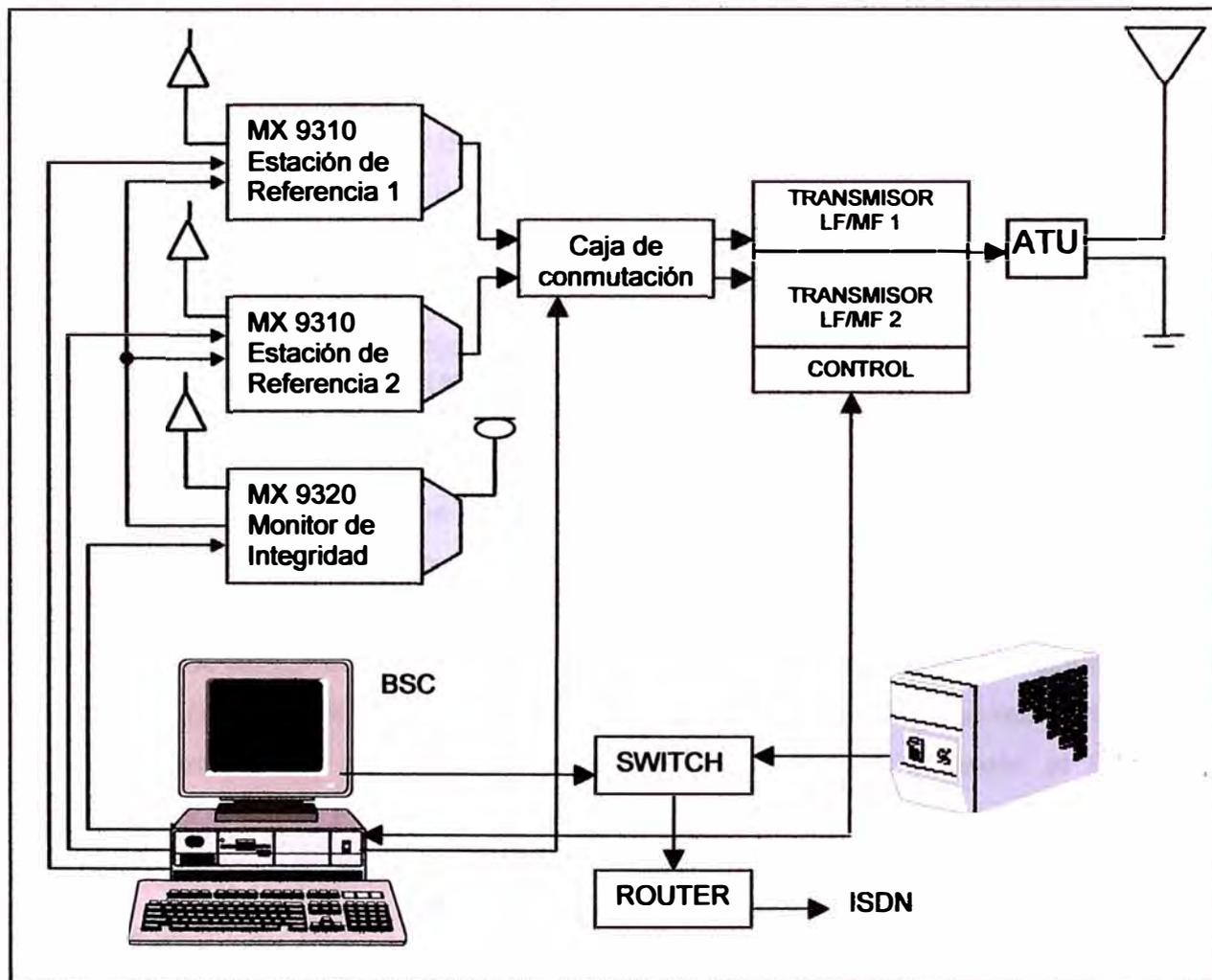


FIGURA 3.4 Equipos Estación DGNSS

a. Estación de Referencia

La función de la Estación de Referencia es la de calcular las correcciones DGNSS (realizado por el componente MX9400R) y modularlas en RF (realizado por el componente MX50M) para que sean transmitidas. Otros tipos de mensajes también son modulados y transmitidos al usuario (navegante) proveyéndole información relacionada a la estación. Esto se trató en la sección 3.3.3. Leica ofrece dos Estaciones de Referencia:

el MX 9310 y el MX 9330. El MX 9310 es de una sola frecuencia y el MX 9330 tiene frecuencia dual. Para nuestro caso se ha decidido implementarla con el MX9310.

El MX 9310 consiste principalmente de dos componentes incorporados en un solo rack. Estos son 1) la estación de referencia de 12 canales MX 9400R (propriadamente dicha), y 2) el Modulador MX 50M.

La antena del MX 9310 está situada en una localización conocida. Las coordenadas obtenidas de su antena GPS y el conocimiento de su posición real le permite generar las correcciones de pseudorange para todos los satélites visibles. La Estación de Referencia calcula las correcciones una vez por segundo pero se transmite a la tasa elegida. En la sección 3.3.3 se definió que se transmitan cada 15 a 20 segundos para una tasa de 50 bps. Si se operara a 100 bps, la información de corrección podría ser transmitida cada 5 a 10 segundos, dependiendo del número de satélites visibles.

Nota:

Debe recordarse que los mensajes descritos en la sección 3.3.3 (Ver también tabla 3.1) utilizan el formato SC-104 (especialmente formulado para el Servicio DGNSS) recomendado por la Comisión Radiotécnica de Servicios Marítimos (RTCM), de su Comité Especial 104,.

Los Mensajes son pasados al modulador MX 50M a una tasa de 9600 bps usando el protocolo XON/XOFF y un pequeño paquete de 10 byte para reducir la latencia de transmisión lo más posible. Todos los comandos y controles del modulador, así como la transferencia de las correcciones DGNSS, son hechas por medio de un cable serial. Todo el control y monitoreo del MX 50M es realizado por el MX 9400R. Como resultado estas unidades operan como un paquete integrado y solamente una conexión al BSC es requerido para controlar y supervisar remotamente ambas unidades

La unidad MX 9310 contiene 5 puertos, las cuales proveen las siguientes funciones:

Intrada de Antena GPS

Salida modulada en MSK hacia el excitador

Interfaz con la BSC

Salida al dispositivo de registro

Interfaz al Monitor de Integridad

Salida de 1 pps (opcional)

Mensajes en formato RSIM son usados para la comunicación con el BSC. El mensaje RSIM #20 (system feedback) es enviado desde el Monitor de Integridad para indicar si las correcciones están dentro de la tolerancia, o si el IM no está monitoreando.

La Estación de Referencia determina la acción apropiada a llevar a cabo basada en el estado del mensaje RSIM #20.

Nota:

RSIM es el acrónimo para RS (Reference Station) e IM (Integrity Monitor). El estándar para este tipo de mensajes es el RTCM 10401.2, Standard for Differential Navstar GPS Reference Stations and Integrity Monitors (RSIM).

La Estación de referencia MX 9310 puede enviar los datos medidos a un dispositivo de registro en un formato definido por Leica. La constelación, las mediciones crudas, eventos, DOPs (Dilution of Position), mensajes RTCM y una variedad de mensajes de ASCII de depuración, están disponibles para ser configurados por el administrador del equipo.

a.1 Componente MX 9400R

La Estación de Referencia MX 9400R utiliza rastrea el código C/A en L1. Esto da como resultado unas mediciones extremadamente estables de excelente precisión. Se puede optar por acompañar a este equipo con el equipo MX 9400N DGPS Navigator obteniéndose así precisiones mejores que 30 cm.

Este equipo de 12 canales puede operar tanto como Estación de Referencia o como navegador, lo que le permite auto-posicionarse en localizaciones desconocidas. El equipo continuamente rastrea el código y portadora de todos los satélites a la vista. Las correcciones son calculadas una vez por segundo y son transmitidas en el mensaje tipo 1 o tipo 9 a una tasa definida por el administrador de sitio. Mediciones de fase y código están disponibles 10 veces por segundo.

Este equipo posee una antena especialmente diseñada para rechazar señales multitrayectorias, mientras rastrea satélites de poca elevación. El MX 9400R puede operar sin atención personal. Todos los parámetros de configuración permanecen almacenados debido a la presencia de una pila interna. Esto permite que su operación se restablezca cuando ocurre una falla de energía

a.2 Componente MX 50M

El MX 50M genera una señal portadora en la frecuencia requerida y la modula con los mensajes RTCM generados en la estación de referencia MX 9400R (en MSK). Debido a que este equipo genera su portadora y realiza la modulación, puede ser conectado directamente al transmisor de RF y de ahí a la ATU y luego a la Antena transmisora.

La banda angosta de los mensajes RTCM modulados en MSK (Minimum Shift Keying) asegura que no interfieran con las funciones del "Direction Finding" si fuera

necesaria habilitarla. El MX 50M utiliza DDFS "Sintetizador de Frecuencia Digital Directa" (Direct Digital Frequency Synthesizer) para la generación y modulación de las señales. Un oscilador de Cristal de Temperatura Compensada TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator) con precisión de 1 ppm es utilizado para asegurar que la portadora tenga una frecuencia correcta y extremadamente estable. La señal modulada es convertida de digital a análoga por un conversor A/D y es filtrada y amplificada antes de ser enviada al transmisor. Este equipo tiene además la opción de enviar un patrón de relleno cuando no haya mensajes RTCM provenientes del MX 9400, permitiendo así que los demoduladores del equipo del receptor permanezcan sintonizados.

b. Monitor de Integridad

La función del Monitor de Integridad es la de asegurar que las correcciones emitidas por la estación de referencia sean válidas dentro de ciertos límites y se provea de información de realimentación a las Estaciones de Referencia si no fuera el caso. Un monitor de Integridad debería ser, dependiendo del sistema de configuración, localizado en el mismo sitio de la Estación DGNS o en el área de servicio, y ser capaz de recibir las correcciones de la misma manera que lo haría cualquier navegador

El Monitor de Integridad MX 9320 consiste principalmente de dos componentes situados dentro de un mismo rack. Estos dos componentes son 1) MX 9400N Navigator y 2) el Receptor MX 52R.

El Monitor de Integridad debe comunicarse con la Estación de Referencia cuando las correcciones sean inapropiadas. La Estación de Referencia, a su vez, pasará esta información a los navegantes al emitir los bits de "salud" en la cabecera de los mensajes RTCM. Datos estadísticos, del desempeño de la navegación diferencial, son también recolectados. Adicionalmente, los datos recibidos pueden ser registrados ya sea para su posterior análisis, para propósitos de diagnóstico, o para razones legales.

La unidad Monitor de Integridad MX 9320 posee 5 puertos de señales que proveen las siguientes funciones:

Entrada de antena del MX 52R.- Recibe los datos en la frecuencia del transmisor.

Entrada de antena del MX 9400N.- Para captar las señales de los satélites.

Puerto RS-232.- Para la comunicación RSIM con la BSC.

Puerto RS-232.- Para la salida al Registro de Datos.

Puerto RS-232.- Para la comunicación RSIM con la Estación de Referencia

Mensajería RSIM es utilizada para las comunicaciones con la BSC y la Estación de Control Remota. El mensaje RSIM #20 (Realimentación del Sistema) es enviado a la estación de referencia periódicamente para reportar el estado de las correcciones DGNSS.

El Monitor de Integridad realiza cinco funciones primarias: 1) Monitorea la Integridad de los Datos transmitidos por la Estación DGNSS. 2) Calcula las estadísticas de desempeño del sistema y del estado de operación. 3) Transmite información estadística y operacional al BSC. 4) Transmite periódicamente el mensaje RSIM #20 hacia la Estación de Referencia. 5) Notifica condiciones de alarma hacia el BSC..

En adición, el programa del BSC podría registrar un número de parámetros de desempeño para permitir un diagnóstico total de la estación. Los datos registrados podrían contener el número total de mensajes RTCM recibidos, el número de mensajes RTCM que fallaron en el chequeo de paridad, los mensajes de tipo 16

b.1 Componente MX 52R

El componente MX 52R es un receptor de gran desempeño diseñado para recibir y demodular las señales DGNSS provenientes de las Estaciones DGNSS. Este equipo es similar al MX50R y al MX51R. Es sintonizable en pasos de 500 Hz sobre el rango de frecuencias para las Estaciones DGNSS (desde 283.5 a 325.0 kHz), La tasa de bits es también seleccionable para operar en 25, 50, 100 y 200 baudios.

El MX 52R demodula también MSK obteniendo así los datos RTCM en banda base para ser entregados directamente a equipo navegador por uno de sus puertos NMEA 0183 (Ver información adicional sobre NMEA en Anexo A).

El MX 9400N (Receptor GPS de 12 canales). Recibe los datos RTCM del MX 52R quien también le provee de información de la intensidad de la señal y los valores de la relación Señal a Ruido, ya sea para que sean mostrados, registrados o para propósitos propios de las funciones del monitor de integridad.

b.2 Componente MX 9400N

Proporciona mediciones de pseudorange extremadamente estables y de excelente precisión. Provee precisiones de navegación menores a los 30 cm cuando trabaja de manera conjunta con la Estación de Referencia MX 9400R. Su antena rechaza señales de multitrayectoria cuando rastrea satélites de baja altura..

Sus 12 canales le permiten rastrear continuamente los códigos y portadoras de todos los satélites visibles. La posición y velocidad están disponibles hasta 2 veces por segundo.

c. Transmisor

Se ha seleccionado para cada Estación DGNSD una unidad transmisora conteniendo dos transmisores de estado sólido de 125 vatios para el rango de operación de 282 a 326 KHz. Este corresponde al Transmisor marca Nautel modelo ND500II.

Este es un transmisor de gran eficiencia y alta confiabilidad especialmente diseñado para su uso sin asistencia de personal. La salida de 125 vatios es dirigida mediante un cable coaxial de 50 ohm directamente a una ATU, que para este propósito se ha elegido el modelo NX500TUB, también de Nautel.

Las características de este transmisor son:

- Eficiencia típica de 78% (De entrada AC a Salida RF)

- Estado Sólido

- Transmisor Activo y de Respaldo situados en el mismo rack

- Portadora ajustable entre 25W a 125W

- A prueba de cortos circuito o circuito abierto

- Modular e Ideal para operación no asistida en áreas remotas

- Protección contra temperatura.

- Opera opcionalmente de una fuente de baterías de emergencia con 85% de eficiencia

Este tipo de transmisor, originalmente diseñado para los NDB, han resultado del todo adecuados para la transmisión de correcciones diferenciales, y brindan la capacidad de propagar la información deseada "sobre el horizonte" a un rango bien definido, el cual se encuentra típicamente dentro de un radio de 200 millas náuticas (onda de superficie sobre agua salada)

Cómo se explico anteriormente, las señales DGNSD son transmitidas en frecuencias cercanas al límite de las bandas frecuencia baja y media (LF o MF), las cuales deberán ser fijadas por el usuario tomando en consideración otras fuentes en la misma banda. El esquema de modulación MSK previenen la interferencia entre radiofaros. Las especificaciones del transmisor son mostradas en la siguiente tabla 3.4:

TABLA 3.4 Especificaciones del Transmisor ND500II

Frecuencia	282-326 KHz
Potencia de Portadora	Ajustable de 25 a 125 watts
Niveles de Armónicos	Menores de -60dB
Tipo de Emisión	G1D (MSK)
Requerimientos de energía	190 a 260V, 50/60Hz, 1.4KW máximo*
Control de selección de Salida RF	Entre Transmisor A y B
Control de selección de Entrada	Entre MSK de Estación de Referencia 1 y 2
Tasas de modulación	25 a 200 bps
Monitoreo	Potencia Incidente y reflejada, voltaje y corriente
Circuito de Protección	Fusible protege los circuitos AC y DC Cambia de transmisor primario a de Respaldo, cuando el ROE excede el valor ajustable por el administrador del equipo, o cuando la salida del transmisor cae por debajo de cierto nivel (normalmente -3dB)
Condiciones de Trabajo	Temperatura , -40°C to +70 °C Humedad Relativa 0-95% Resiste condiciones de alta salinidad

*Opcionalmente puede contar con un sistema de energía de respaldo de baterías.

Nota: Para requerimientos de mayor potencia se puede optar por el modelo VR500 de 500 a 2000 W.

d. Unidad de Sintonización de Antena Automática (AATU)

Elimina los problemas de pérdida de sintonización inherentes en las antenas LF/MF que se encuentran durante diferentes condiciones climáticas. Asegura que la antena sea mantenida en resonancia y por lo tanto provee una carga resistiva constante de 50 ohm. Esto permite que el transmisor sea instalado a cualquier distancia de la antena. La ATU se encuentra dentro de un armario reforzado impermeable que le permita sea colocada en cualquier lugar bajo cualquier clima. Está diseñada para funcionar con cualquier antena LF/MF (dentro del rango de 190 a 420 KHz).

Las especificaciones del ATU son mostradas en la siguiente tabla 3.5:

TABLA 3.5 Especificaciones del AATU NX500TUB

Impedancia de entrada	50 ohms para un ROE<1.25 en la portadora
Máxima potencia de portadora	125 W
Capacitancia	600-3500 pF
Rango de resistencia de la impedancia de carga del sistema	2 a 20 ohms
Frecuencia	283.5 - 325 KHz
Potencia de entrada	125 W máximo
Indicadores	Corriente de antena, potencia incidente y reflejada
Condiciones de Operación	Temperatura ambiente -50°C a +55 °C Humedad hasta 100%; Altitud hasta 4000 metros
Requerimientos de Energía	110/220 VAC, 50 - 60 Hz

Nota: Si para requerimientos de mayor potencia se optó por un transmisor GPS1000 (1Kw), se debe utilizar entonces una ATU adecuada. Esto es, el modelo NX 4000 TUB de 1Kw

e. Antena

La antena de transmisión es un elemento clave en la provisión del servicio DGNSS. La eficiencia de la antena influye directamente en la cantidad de potencia transmitida y la correspondiente área de cobertura de la señal. Las estaciones deben proveer una cobertura relacionada con la intensidad de campo mínima asegurable en sus límites.

Las opciones que se presentan para este servicio son la tipo T y la antena vertical (de sombrilla). Ambas son antenas de monopolo recortado (longitud \ll que λ) con una capacitancia en el tope de manera tal que simula una extensión agregada al monopolo hasta la longitud deseada.

e.1 Antena tipo "T"

Un alambre conductor dispuesto horizontalmente y unido al tope del monopolo proporciona un efecto capacitivo que simula la extensión del monopolo vertical hacia arriba. En la práctica el conjunto está constituido por un mismo alambre radiante que quiebra su dirección sostenido por una rienda aislante. Se puede considerar sin mucho error, que la extensión vertical suplementaria lograda con este artificio, es de igual longitud que la del tramo horizontal del alambre conductor.

De acuerdo a la potencia del transmisor, se necesita un sistema de antena de baja a media potencia, La antena T propuesta consiste de dos cables AWG #2 de aluminio de 46 metros de largo, lateralmente espaciados 1.2 metros, soportados por cuatro aisladores de alto voltaje entre dos torres a potencial de tierra. Es recomendable brindar un plano de tierra para este sistema consistente de 8 radiales de cobre 12AWG de 76 metros y de 10 metros de cable de cobre AWG #8 para el anillo central de conexión. La altura de las dos torres se recomienda que estén alrededor de los 30 metros. La tabla 3.6 nos brinda las especificaciones eléctricas de la antena fabricada por Nautel.

TABLA 3.6 Especificaciones Eléctricas de antena tipo T de Nautel

Rango de frecuencias	Bandas LF y MF
Potencia RF de entrada	Hasta 500 vatios en promedio, 2KW pico
Máximo voltage de operación	20 KV RMS
Eficiencia estimada	16%
Capacitancia	600 pF

e.2 Antena Vertical (de sombrilla)

Para este caso, una capacitancia en el tope del monopolo simula una extensión adicional. Para ello se construye un techo conductor en el tope del monopolo, mediante un conjunto de alambres conectados al extremo del monopolo y suspendidos del tope del mástil de soporte. La capacitancia de la torre y del tope dependen de las dimensiones físicas, estas capacitancias a su vez influyen en el cálculo de la altura eléctrica efectiva, la resistencia de radiación, y en general para la eficiencia de la antena.

Una antena de 25 metros, con un excelente sistema de tierra puede lograr una eficiencia típica de 5% para el rango de frecuencias (285 - 325 KHz). Una antena de 42 metros con elementos de carga capacitiva topes de 12.25 metros, y un excelente plano de tierra puede lograr una eficiencia de 20 a 30% para el rango de frecuencias deseado. Este es por ejemplo el caso de la antena de las Estaciones DGNS de Hammerodde Thorshaun en Dinamarca.

El plano de tierra es de igual importancia que la parte radiante erigida sobre la superficie. Se deberá considerar un patrón radial de cables de adecuada longitud (aprox. Igual a la altura de la antena) enterrados exactamente debajo de la superficie teniendo como centro al elemento vertical de la antena. Pueden contar con varillas tipo Copperweld unidas a los extremos de los radiales y a una menor distancia de la antena, todos unido por cables de cobre formando dos círculos concéntricos. Es necesario recalcar que no debe reducirse la longitud de los radiales para adecuarse a un sitio de antena de menor dimensión, ya que ello ocasionará una reducción en la eficiencia y estabilidad operacional del sistema.

En general el metraje y la cantidad de radiales, así como el número de varillas de tipo Copperweld subterráneos queda determinado a través de un diseño previo en donde se utilizan medidas de la resistividad del suelo del lugar de la instalación del sistema radiante, realizadas a través de un equipo Geometer. Un sistema de tierra aceptable debe tener una resistividad de suelo menor a 5 ohms.

f. El Sitio de la Estación DGNS

f.1 Selección del sitio

El objetivo usual al seleccionar el sitio de la Estación DGNS es que satisfaga los requerimientos operacionales y pueda desarrollarse a un costo mínimo. Si el sitio estuviera situado cercano al aeropuerto, se deben considerar las regulaciones ICAO concernientes a las obstrucciones de rutas aéreas. El acceso a vías, energía, líneas de comunicación también es una consideración principal. Idealmente, el sitio no debería

estar localizado a una distancia menor que una longitud de onda (1Km aprox) de cualquier torre metálica, líneas de alto voltaje, Torres de reservorio de agua, Antenas verticales u otro tipo de estructura metálica alta, para evitar la interacción y distorsión del patrón de radiación de la antena.

No siempre es posible tener este margen de distancia, se recomienda una separación mínima de 300 metros Sin embargo el sitio de la antena no debería estar localizado a una distancia menor a 800 metros de las líneas de alto voltaje.

Para la propagación sobre agua salada, la antena debería estar colocada cerca de la costa para reducir la atenuación. Una atenuación de 1 dB por longitud de onda se producen en las cinco primeras longitudes de onda de distancia hasta el mar

El sitio deberá tener un área libre, limpia, deforestada y un nivel razonable (terraplén), un terreno con tierra o arena es mucho más preferible que una con esquisto o roca para la instalación de los radiales. La elevación del sitio no es importante a menos que estuviera rodeado por colinas. Las dimensiones del terreno deben ser lo suficiente grandes para contener el plano de tierra de la antena y la caseta que contiene los equipos. Esta área varía de acuerdo a las dimensiones de la torre radiante utilizada: Por ejemplo 50mx50m para una antena de 18 metros, 100mx100m para una antena de 42 metros, y 150mx150m para una antena de 72 metros.

f.2 Distribución del Sitio

El ATU debe estar situado dentro de un armario impermeable, y debería ser montada adyacente a la sección vertical de la antena, la cual debería estar situada aproximadamente en el centro del sitio escogido para que el plano de tierra pueda ser distribuido simétricamente alrededor de este.

La caseta debería estar situada en uno de los bordes del sitio tan cerca cómo sea posible a las vías, a las líneas de energía eléctrica y a las líneas de comunicación. Dicha localización minimizará los costos. No es recomendable situar al transmisor y al ATU dentro de la misma caseta bajo la antena debido a la dificultad de proveer un adecuado aislamiento para prevenir la realimentación entre el gran campo RF de la antena y los circuitos del transmisor.

Bajo ciertas circunstancias, podría ser económicamente ventajoso localizar al transmisor en un edificio existente y colocar el ATU y la antena a cierta distancia en un lugar más apropiado. La única desventaja serán los costos adicionales en los cables de interconexión entre el transmisor y el ATU, y la pérdida de potencia en el cable coaxial 0.1 dB/100 metros para una buena calidad de cable.

f.3 Caseta de los equipos

Debe ser de un tamaño adecuado para la colocación de todos los equipos y para facilitar el acceso y trabajos del personal de mantenimiento. Debe contar con protección contra las condiciones climáticas, contra alimañas, y contra personal no autorizado, además de contar con iluminación y ventilación adecuada

Se debe tener una consideración especial con la temperatura dentro de la caseta la cual se ve afectada por la temperatura ambiente fuera de la caseta, el calor disipado por el transmisor y el resto del equipo.

Bajo ninguna circunstancia la temperatura al interior de la caseta debería exceder los $+ 55^{\circ}\text{C}$ o caer bajo los $- 10^{\circ}\text{C}$.. El uso de un extractor de aire colocado en la parte más alta de la pared de la caseta debe permitir un paso de aire igual o mayor que el recomendado para el transmisor. Para un ahorro de energía, este debería ser activado cuando se exceda los 35° . Debería incluirse además un filtro de aire (situado en la parte inferior de la caseta y a la salida del extractor) para protegerlo del ingreso de arena o polvo.



FIGURA 3.5 Sitio para Estación DGNSS Callao

f.3 Sitio Sugeridos

Los sitios sugeridos para la localización de las Estaciones DGNNS fueron mencionados en la sección 3.3.1, no sólo en parte por su cercanía al mar y por representar una distancia adecuada entre estación y estación, sino también por la presencia de una instalación militar de la Marina de Guerra, La Capitanía de Puertos, en provincias, ligada a la Dirección de Hidrografía (administrador del Servicio). La figura 3.5 muestra el sitio tentativo para la instalación de la Estación DGNSS Callao

El terreno disponible se encuentra dentro de la Base Naval (Rada del Callao). El suelo es el adecuado (cercana a una albufera) y la localización tentativa se encuentra a 2.4 Km del Aeropuerto y a sólo 400 metros de la orilla del mar. La instalación militar más cercana es CICITEC (Centro de Investigación Científico y Tecnológico de la Marina de Guerra del Perú) que cuenta con líneas de comunicación y de energía necesarias

g. Controlador de la Estación DGNNS y Estación de Control y Supervisión

Las distintas Estaciones DGNSS cuentan con un BSC (Controlador de la Estación Radiodifusora) la cual permite interconectar los equipos que requieren supervisión y control, lo que fue descrito oportunamente en las secciones anteriores. El BSC es básicamente una Computadora Personal de tipo Industrial diseñada para operar continuamente bajo las condiciones extremas presentes. El medio de comunicación a la red de datos puede realizada Router (Ehernet) o por un Access Point (WiFi). Por lo que estos equipos deben ser también considerados. La Estación de control y Supervisión Central se comunica permanentemente con las BSC mediante la red de datos. Consta también de una Computadora Personal y una impresora matricial, y medios de comunicación similares.

El sistema de Potencia Ininterrumpida puede también ser controlado y supervisado por la BSC, o directamente por la Estación Central. Los modelos disponibles cuentan ahora con conexión a red de datos.

El software que se ejecuta en la BSC y la Estación Central es una aplicación desarrollado por los proveedores de los equipos que consideran todos los aspectos de 1) Interrogación de datos 2) Respuesta a Alarmas, 3) Gráfico y Registro de mediciones, 4) Cambio de configuración de Equipos (tasa de baudios, Mensajes RTCM), 5) Control de selección de Estaciones de Referencia y de Transmisores, etc.

Estudiar los efectos de variaciones en los niveles de ruido atmosférico, interferencia y onda ionosférica,

Considerar distintos escenarios: Distintas frecuencias, potencias o localizaciones de las Estaciones DGNSS., durante el día, noche, y distintos estaciones climáticas.

ANEXO A
DATOS DE POSICIÓN REGISTRADOS EN LA DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA
DEL 29 DE MAYO AL 12 DE JUNIO DE 2000

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El sistema DGNSS también podría ser implementado con equipamiento de marca Trimble. DMS12/212, 4000IM MSK Integrity Monitor y el 4000 MSK DGPS Reference Station. Los costos de los equipos propuestos, el MX 9400R y el MX 9400N son de 10,000 dólares cada uno, el MX 50M 7000 dólares y el MX 50 R 2,000 dólares. La utilización de equipos redundantes multiplica por dos el costo de los equipos por estación
2. No se obtuvieron los costos relativos al equipamiento restante por cuanto estos son provistos directamente a la oficina de logística de la Dirección de Hidrografía previo a un concurso de precios regido por las leyes de adquisiciones del estado. Sin embargo se accedió a una propuesta económica de la Empresa ICAN, la cual se muestra en el Anexo F.
3. Si variaran los requerimientos de solapamiento de las áreas de cobertura, se podría optar por los transmisores de 1KW.
4. La administración y mantenimiento del sistema cae bajo la jurisdicción del Departamento de Señalización Náutica de la Dirección de Hidrografía de la Marina de Guerra del Perú. Para los costos de inversión dicho organismo cuenta con una partida especial producto del cobro de una tasa especial (canon o impuesto) por concepto del servicio de ayudas a la navegación, D.L. 20567.
5. La localización de la Estación Central (El cual requiere personal entrenado las 24 horas) debe tener como localización la misma Dirección de Hidrografía, en el Dpto de Señalización Náutica.
6. La mediciones de la intensidad de campo del servicio propuesto deben ser realizadas por las unidades hidrográficas (embarcaciones) de la misma organización, programados durante las mismas campañas de levantamiento batimétrico.
7. Es necesario obtener un modelamiento de predicción de cobertura asistido por computadora que permita identificar la solución más efectiva para la región geográfica de interés. De esa manera se podrá:
Evaluar las áreas de cobertura del sistema propuesto e Identificar potenciales problemas

Se instaló la antena del GPS sobre uno de los edificios de la Dirección de Hidrografía, con coordenadas 77.155885 Longitud Oeste, 12.065453 Latitud Sur. Se utilizó un receptor GPS marca Leica de 12 canales, conectada al puerto serial de una Laptop ejecutando un programa de emulación de terminal (modo de captura de texto) recopilando los datos de posición transmitidos cada un minuto por el GPS en formato NMEA 0183 (National Marine Electronics Association), un estándar que permite a los equipos electrónicos marinos enviar información de manera serial asíncrona (similar al RS232C) a las computadoras a otros equipos marinos. Un ejemplo de una línea de datos es el siguiente:

```
$GPGLL,1203.91829,S,07709.35878,W,084513,A*27
```

En donde:

\$.- Inicio de mensaje

GP .- Dispositivo que emite la señal. En este caso GPS

GLL.-Tipo de mensaje (Geographic position, Latitude and Longitude)

1203.91829,S .- Latitud 12 grados 03.91829 min Sur

07709.35878,W .- Longitud 77 grados 9.35878 min Oeste

134513 .- Hora a la que fue tomada la lectura en UTC (8:45am)

A .- Indica Dato Activo o V (obviar)

*27 .- Suma de chequeo

CR LF .- Carácter "Retorno de Carro" y de "Alimentación de Línea" (no visibles) que disponen cada mensaje en una línea diferente.

La dirección de Hidrografía se encuentra situada en el distrito de Chucuito, Callao. Exactamente en el pequeño istmo que lleva al distrito de La Punta. Para describir la posición que indicaban los datos capturados se hace uso de una figura que representa el litoral (líneas punteadas), sobrepuesta con seis círculos concéntricos situados exactamente sobre el punto de prueba (12.065453 S, 77.155885 O). Cada círculo tiene de radio 20, 50, 100, 150, 200 y 250 metros. Tal cómo se puede ver en la siguiente figura (Figura A.1).

La siguiente tabla (tabla A.1) resume los resultados obtenidos:

TABLA A.1 Relación de Gráficos y valores registrados (año 2000)

Figuras	fecha	Porcentaje de errores al punto de referencia											
		<20	>50	>100	>150	>200	>250	>300	>350	>400	>450	>500	
A.3, A.4	29-05	100	0										
A.5, A.6	30-05	72	0										
A.7, A.8	31-05	89.61	0.7										
A.9, A.10	01-06	80.51	0.14										
A.11, A.12	02-06	76.19	14.92										
A.13, A.14	03-06	39.30	19.40										
A.15, A.16	04-06	43.94	32.52	9.96									
A.17, A.18	05-06	32.8	38.54	9.61	14.39	1.31	0.06						
A.19, A.20	06-06	37	32.24	14.70	11.92	7.40	6.50	3.32					
A.21, A.22	07-06	38.78	38.30	14.90	12.28	8.07	5.86	3.03	1.38	0.96			
A.23, A.24	08-06	17.76	41.67	18.32	9.72	5.66	4.61	3.63	1.74	0.76			
A.25, A.26	09-06	25	51.66	23.47	10.06	7.50	4.51	3.61	3.54	3.19	2.22	1.52	
A.27, A.27	10-06	17.29	63.12	38.19	19.58	3.4	1.25						
A.29, A.30	11-06	36.44	44.29	17.38	9.64	6.39	4.03	1.25	0.07	0.07	0.07	0.07	
A.31, A.32	12-06	19.95	36.05	15.55	2.64	1.41	0.94	0.54	0.15				

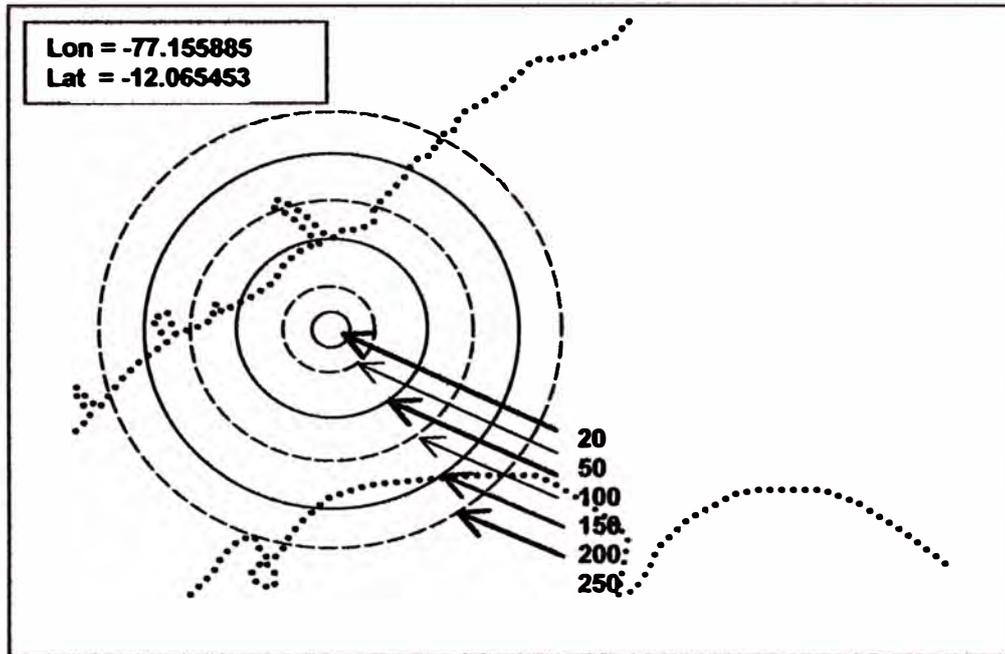


FIGURA A.1 Gráfico para representar la distribución de los datos recolectados

Se incluye en cada gráfico el porcentaje de puntos de posición que se encuentran por debajo de los 20 metros de error, así como el porcentaje de los que superan los demás radios. Cada figura es acompañada de una gráfica "Hora de la muestra vs. Distancia", cuyo ejemplo es la figura A.2, en donde el color **Gris** es la distancia al punto de referencia y el **Negro** al punto anterior (1 minuto antes). Los puntos recolectados cada día en esta gráfica empiezan a las 10 a.m. por 24 horas. Los valores de la ordenada (hora) se muestran de manera inversa para facilitar la inspección de los datos.

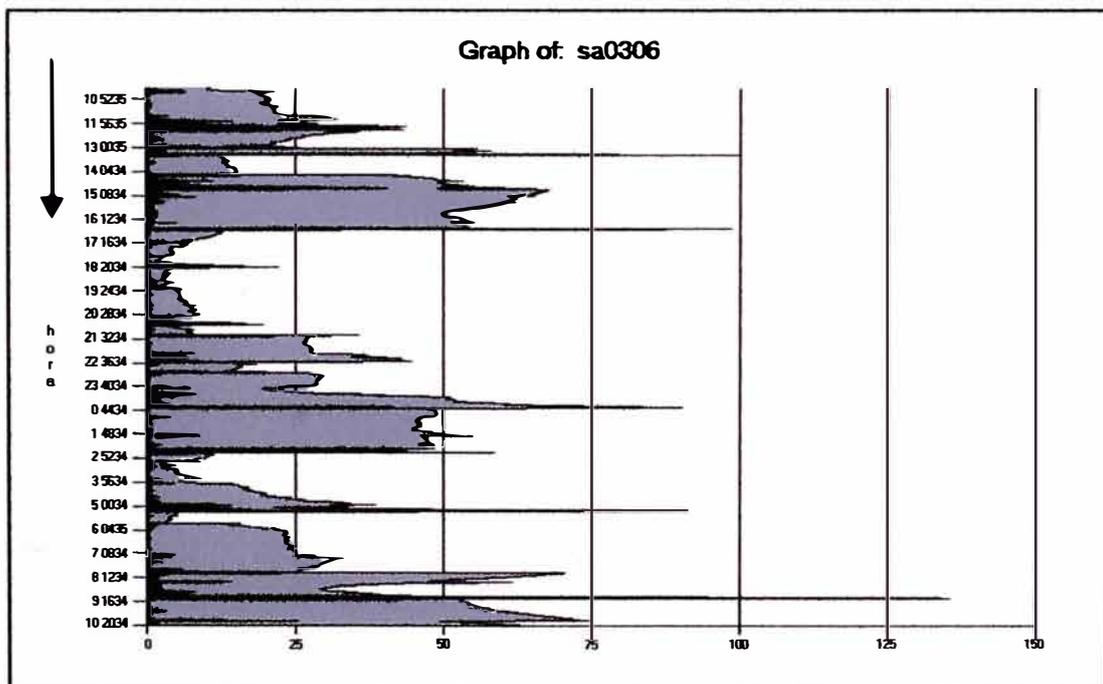


FIGURA A.2 Hora de muestra (dato recolectado) vs. Distancia

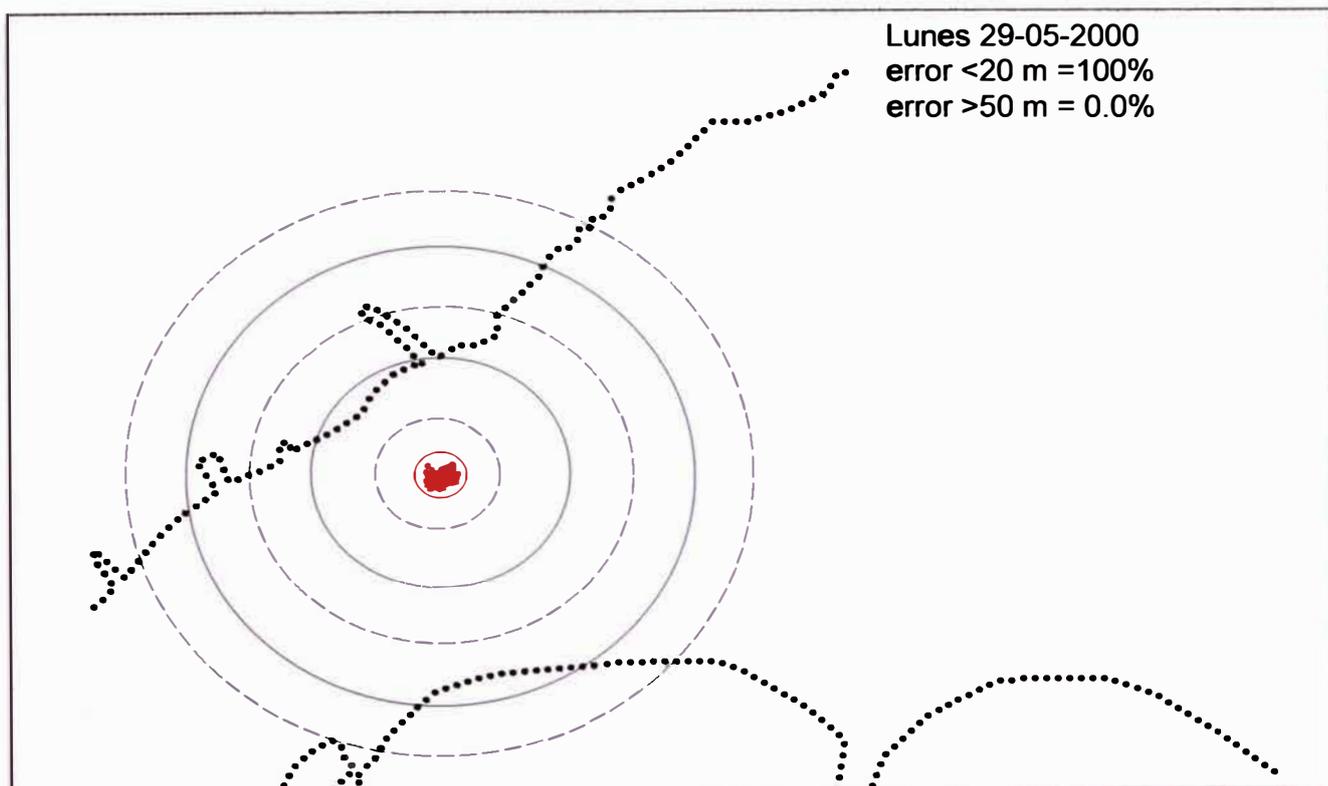


FIGURA A.3 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 29-05-2000

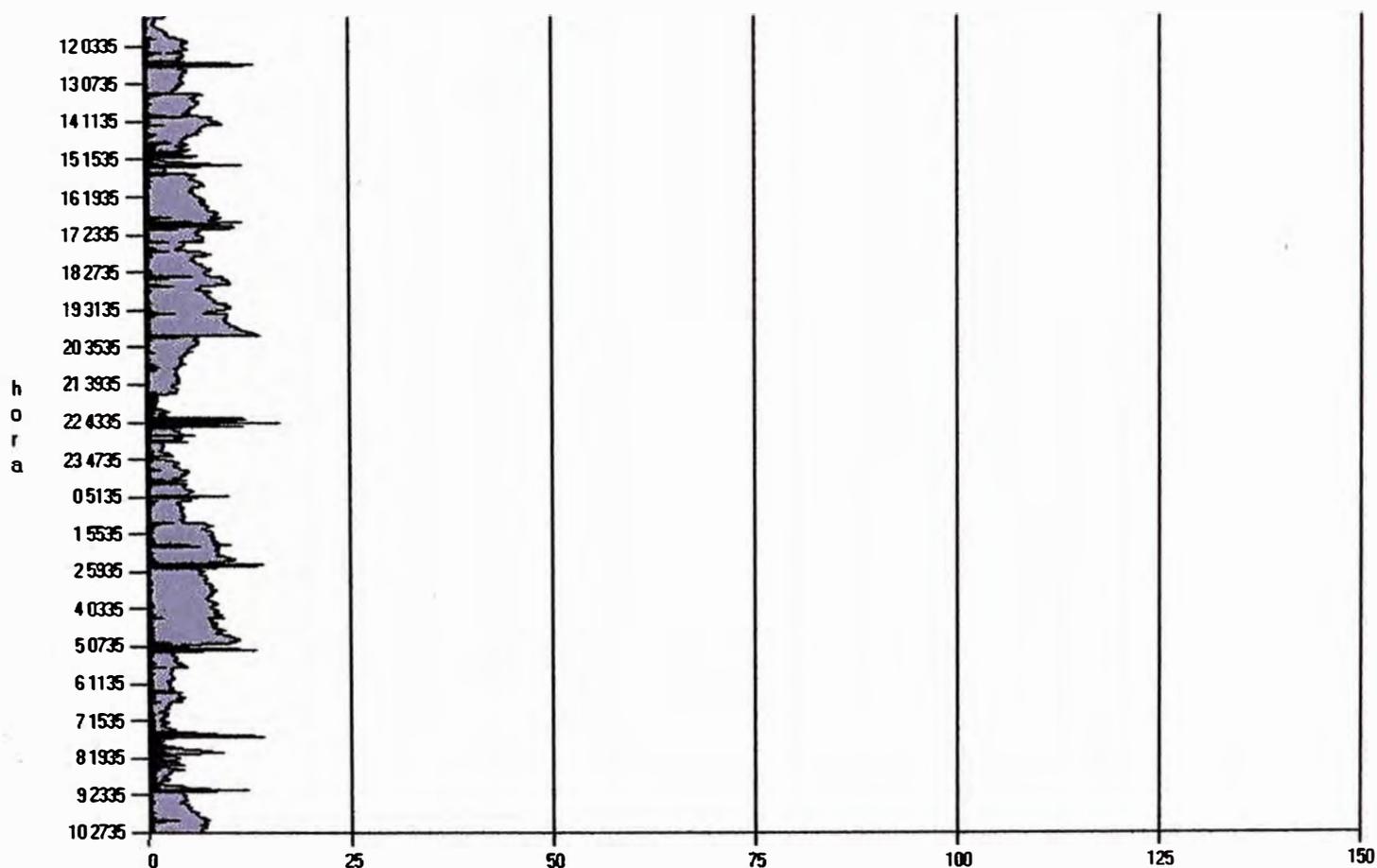


FIGURA A.4 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 29-05-2000

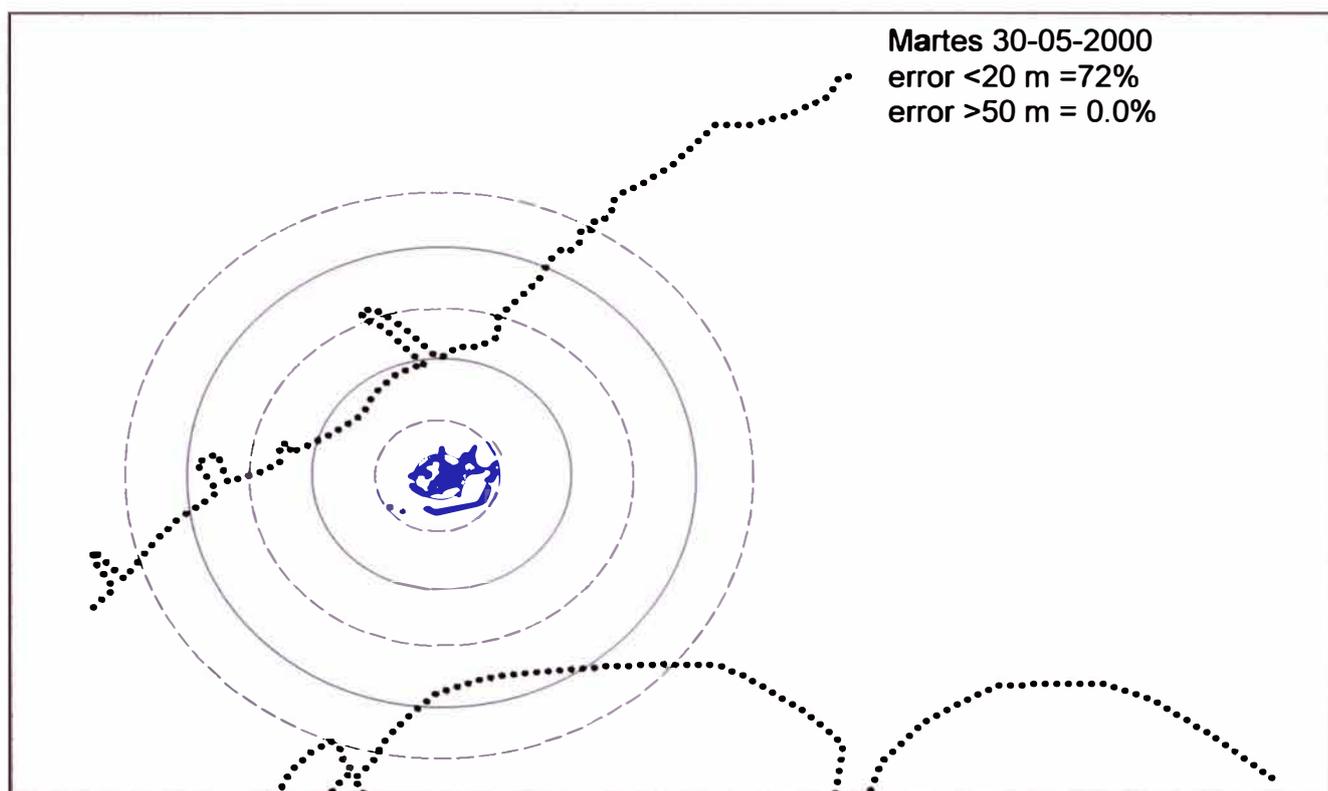


FIGURA A.5 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 30-05-2000

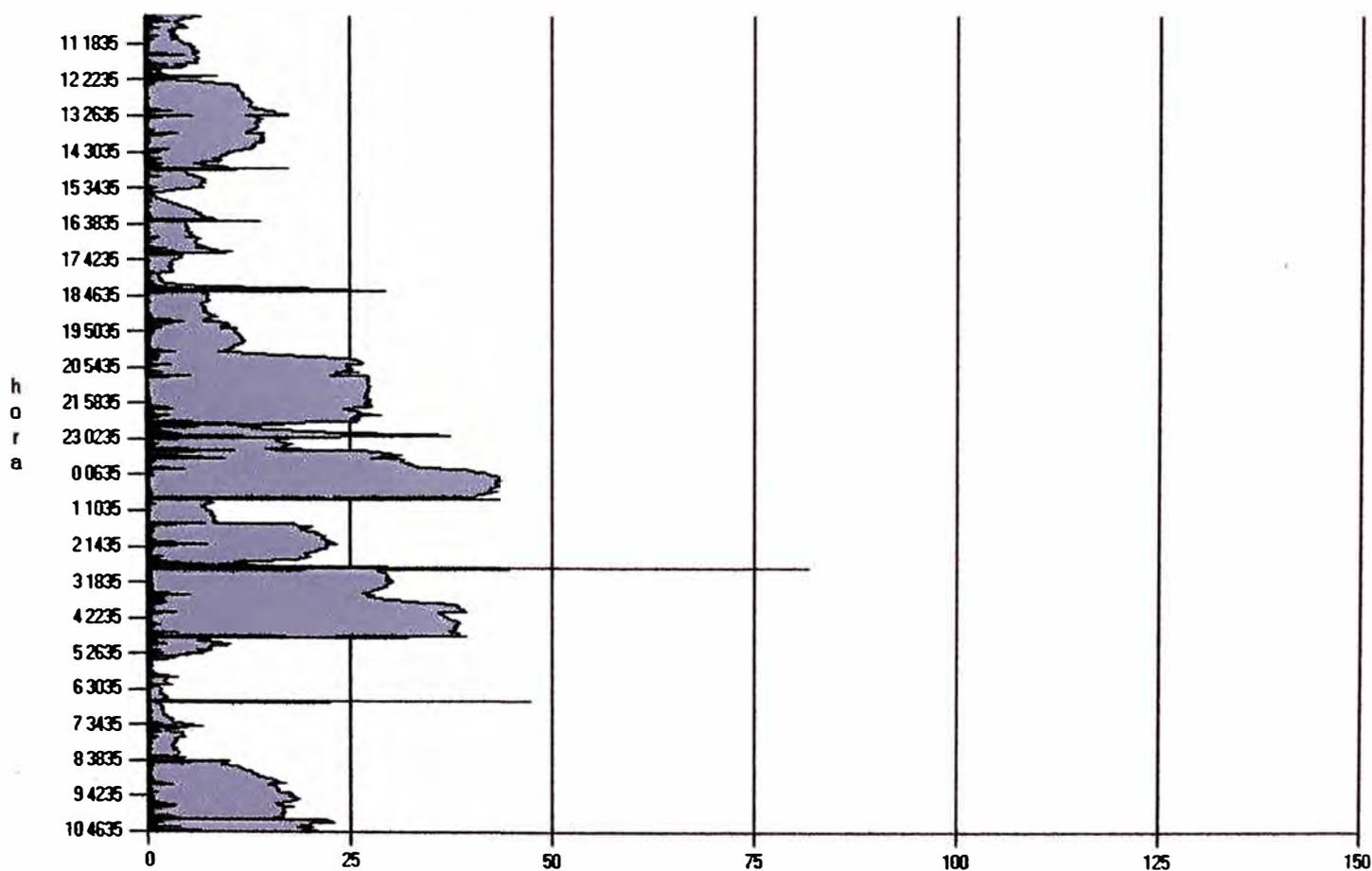


FIGURA A.6 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 30-05-2000

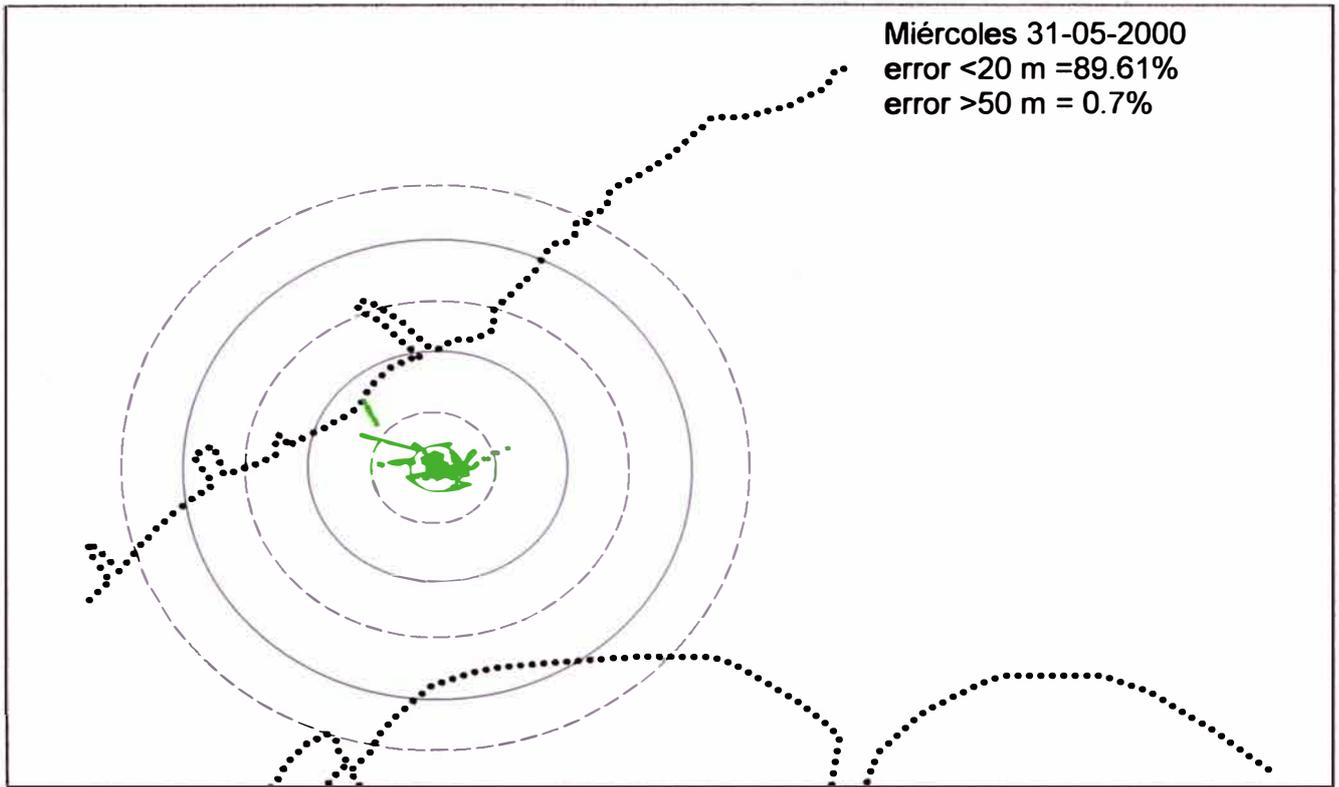


FIGURA A.7 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 31-05-2000

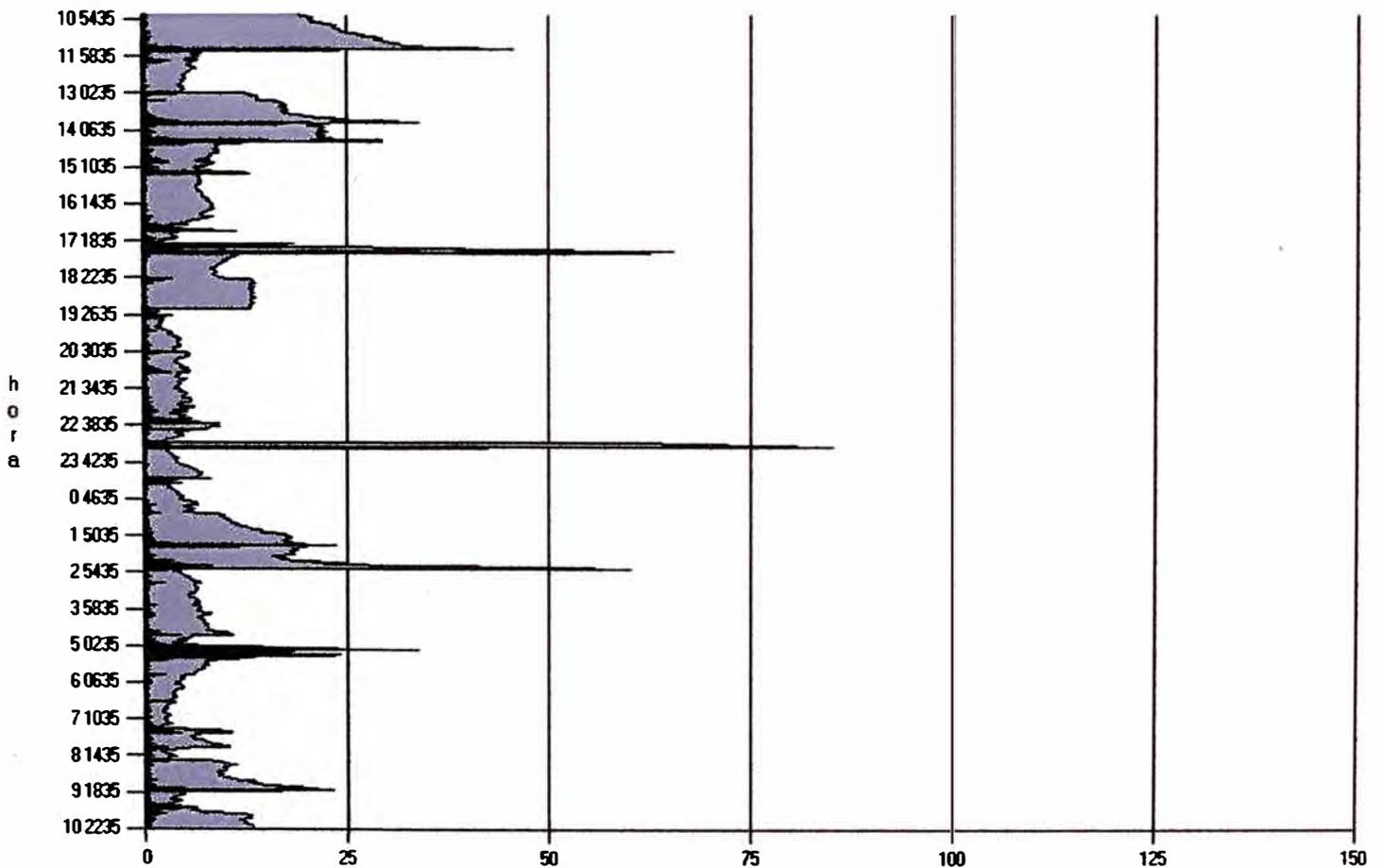


FIGURA A.8 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 31-05-2000

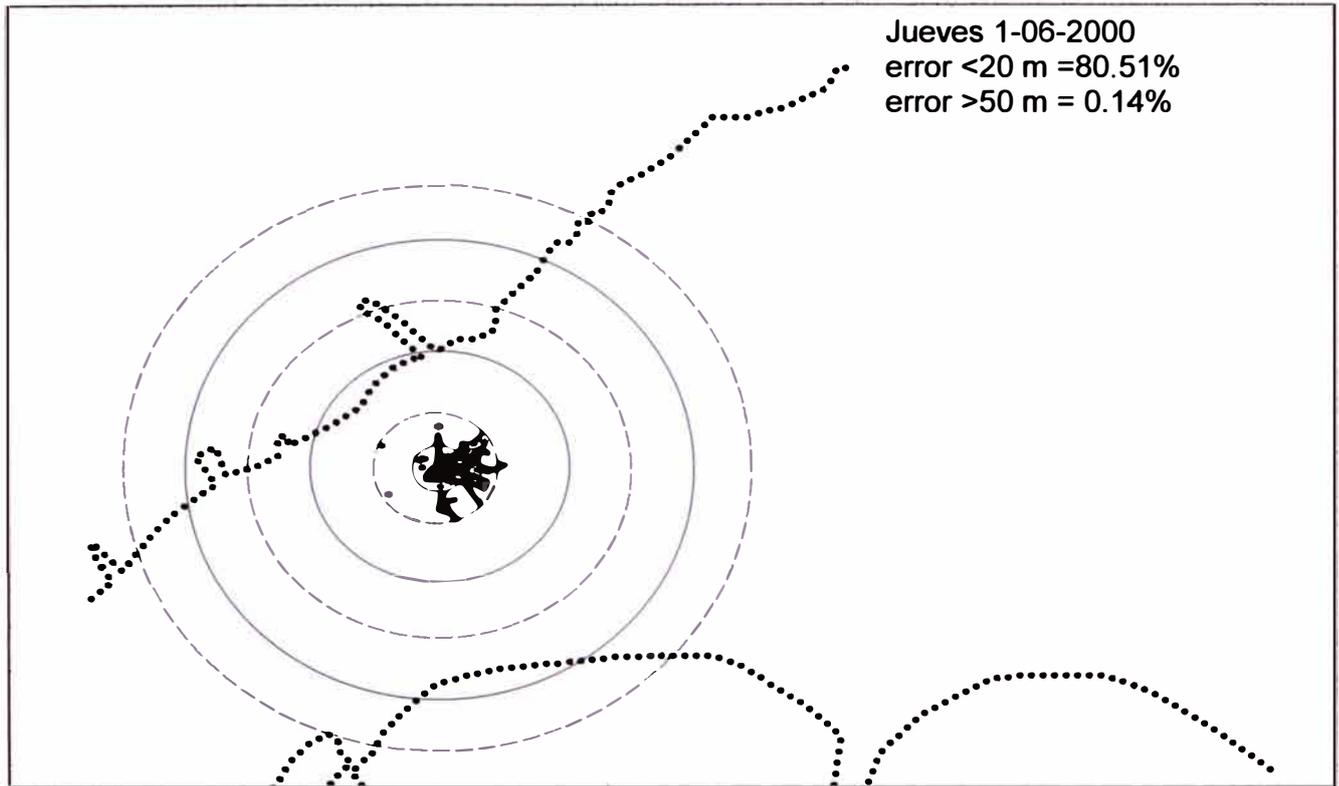


FIGURA A.9 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 1-06-2000

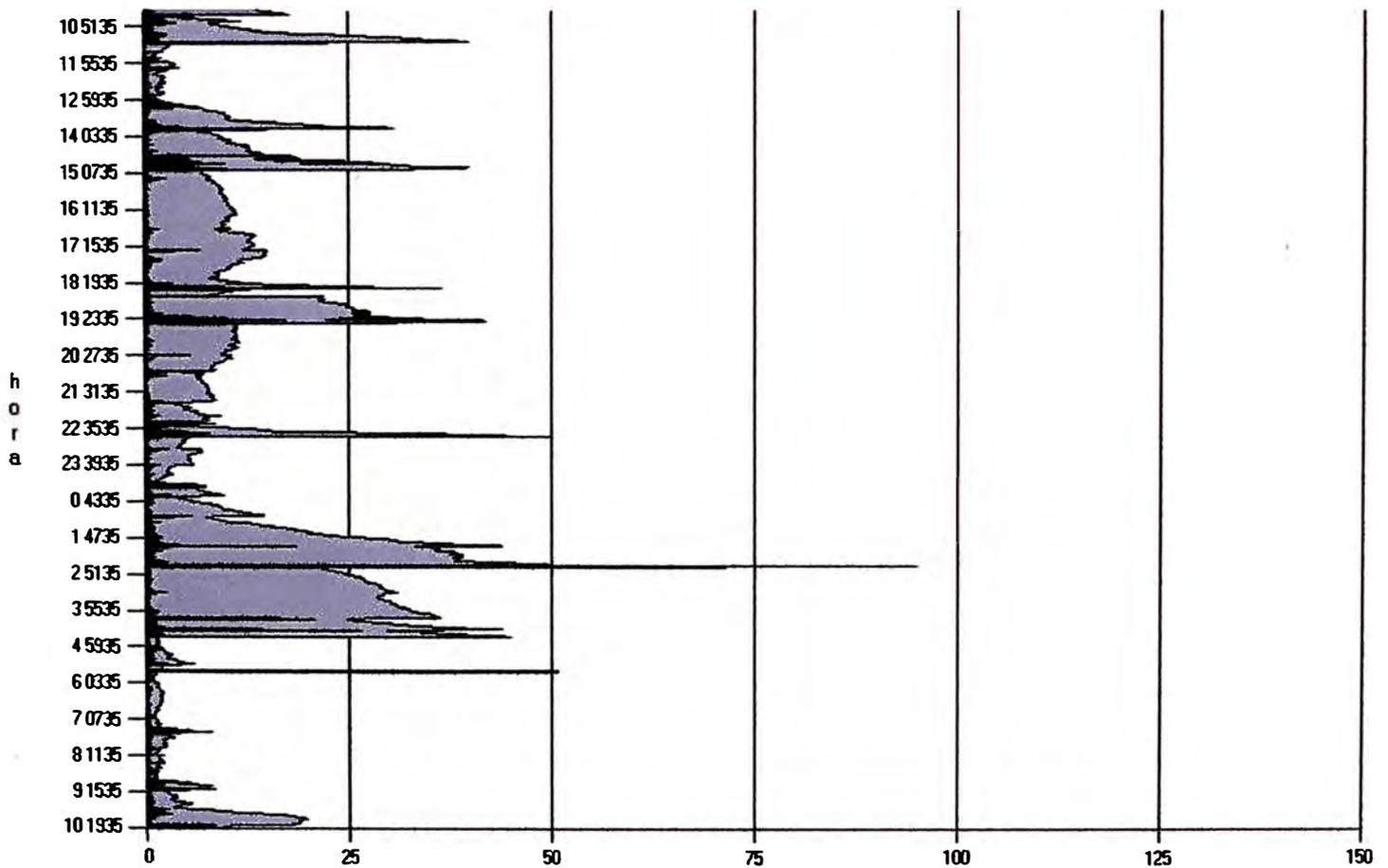


FIGURA A.10 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 1-06-2000

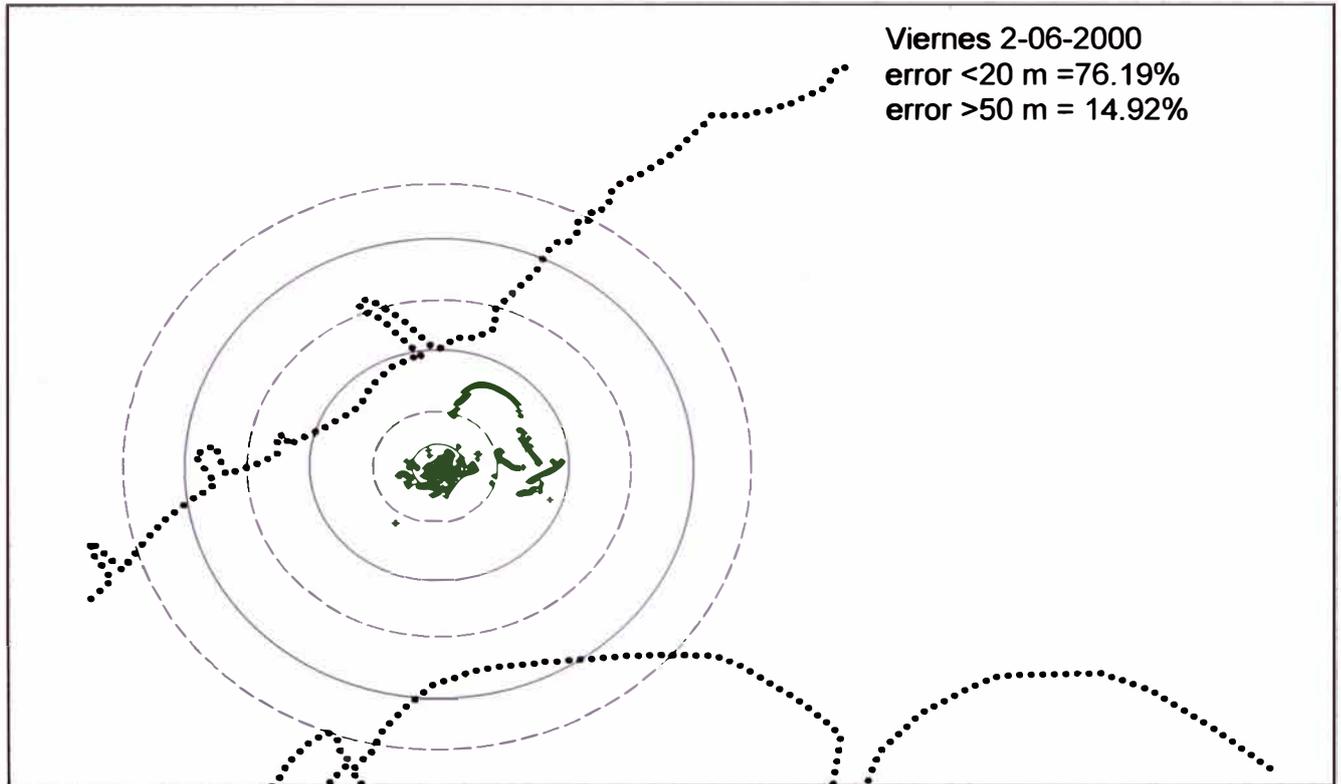


FIGURA A.11 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 2-06-2000

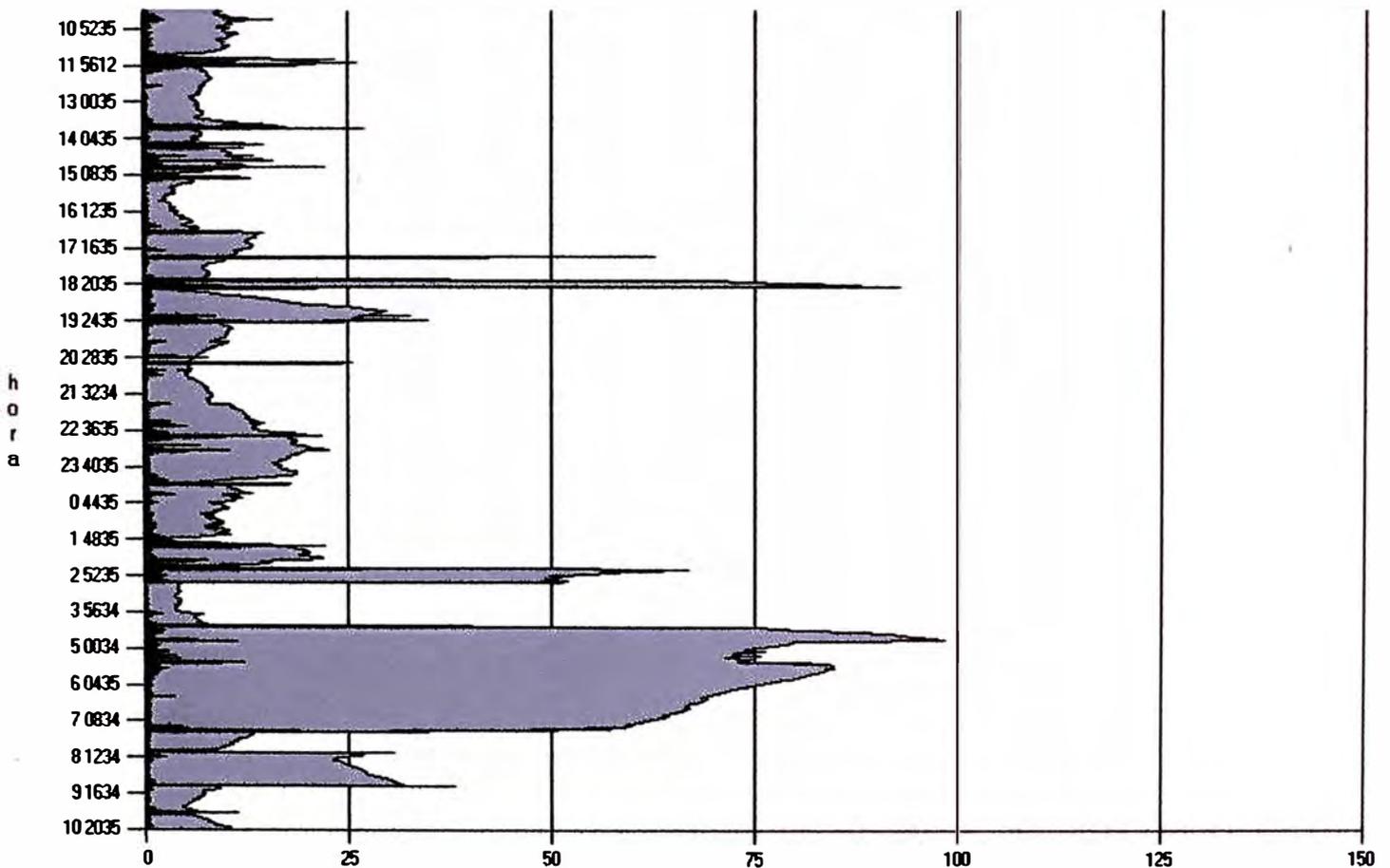


FIGURA A.12 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 2-06-2000

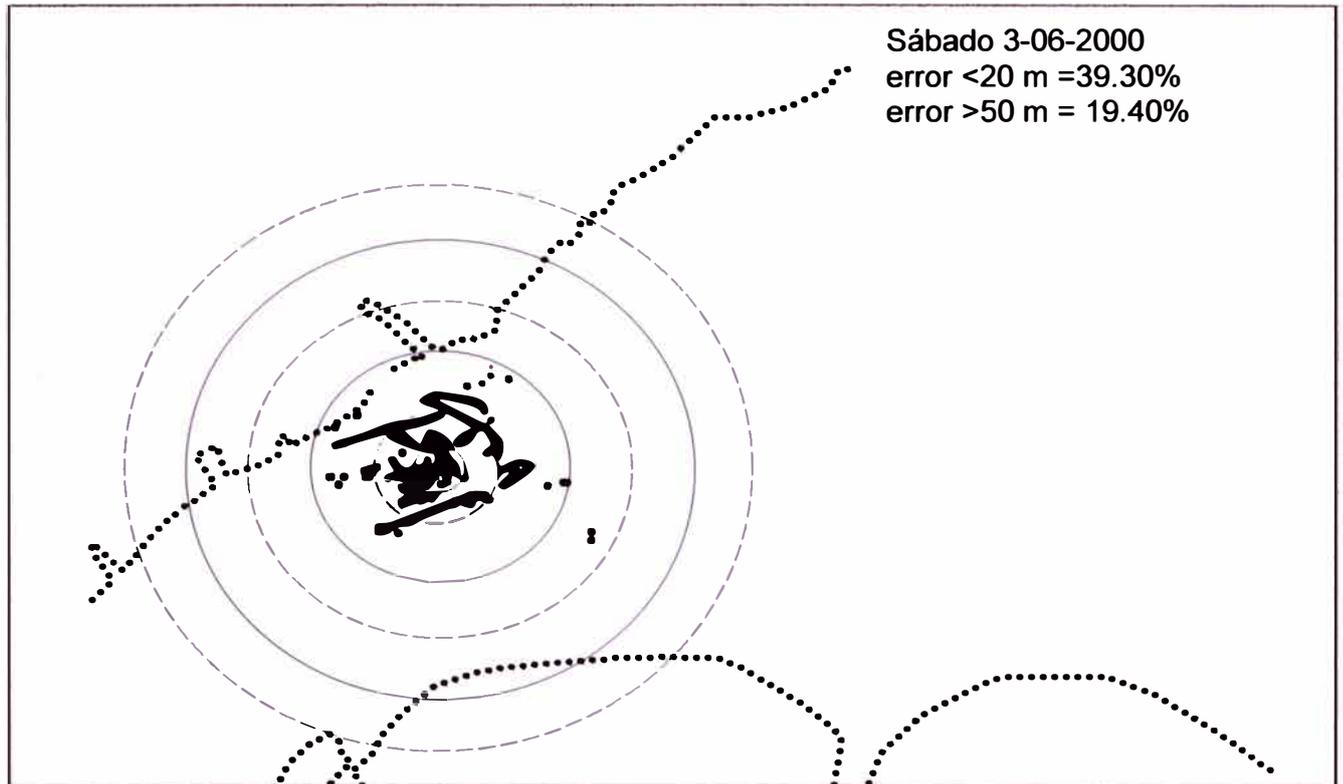


FIGURA A.13 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 3-06-2000

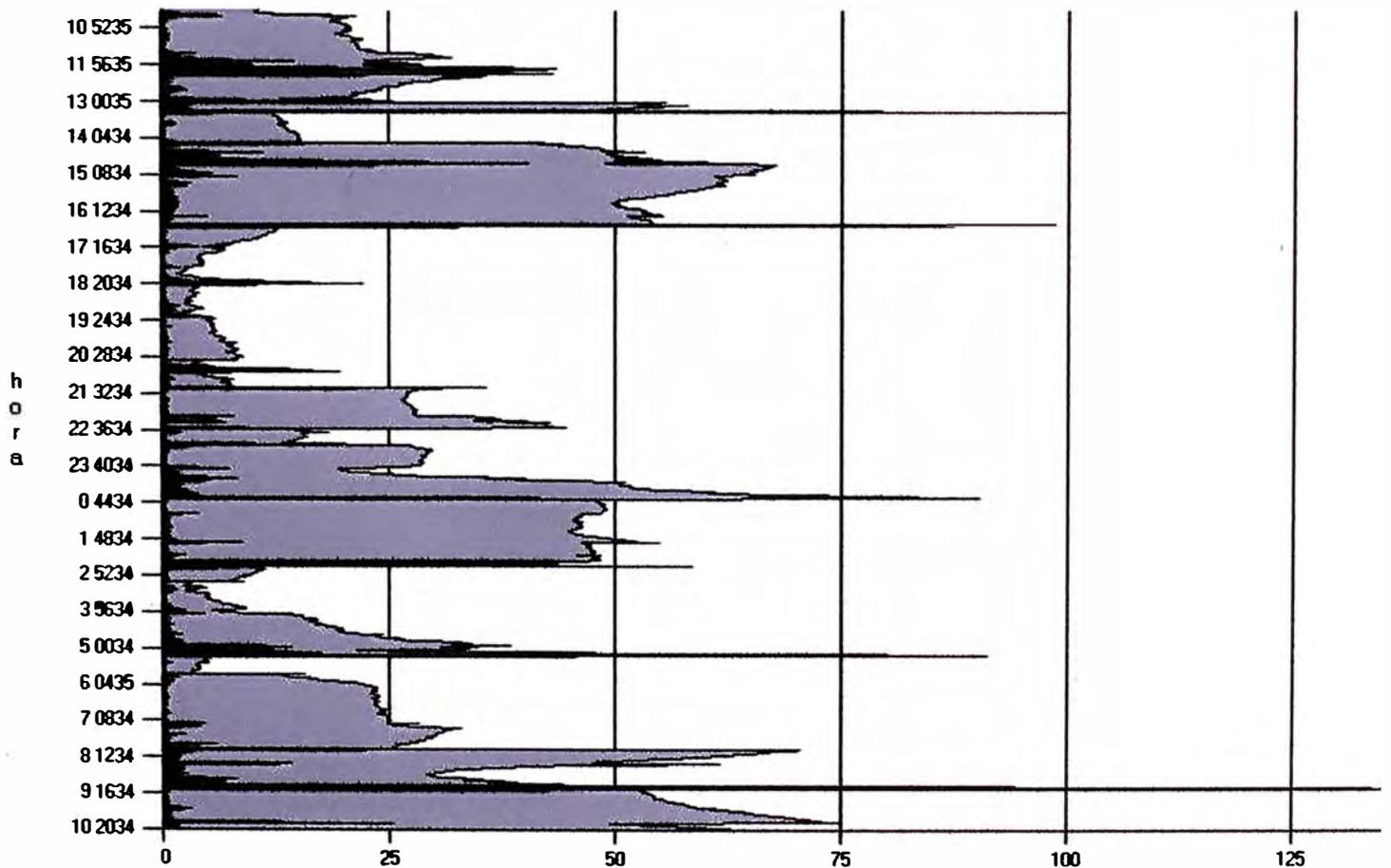


FIGURA A.14 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 3-06-2000

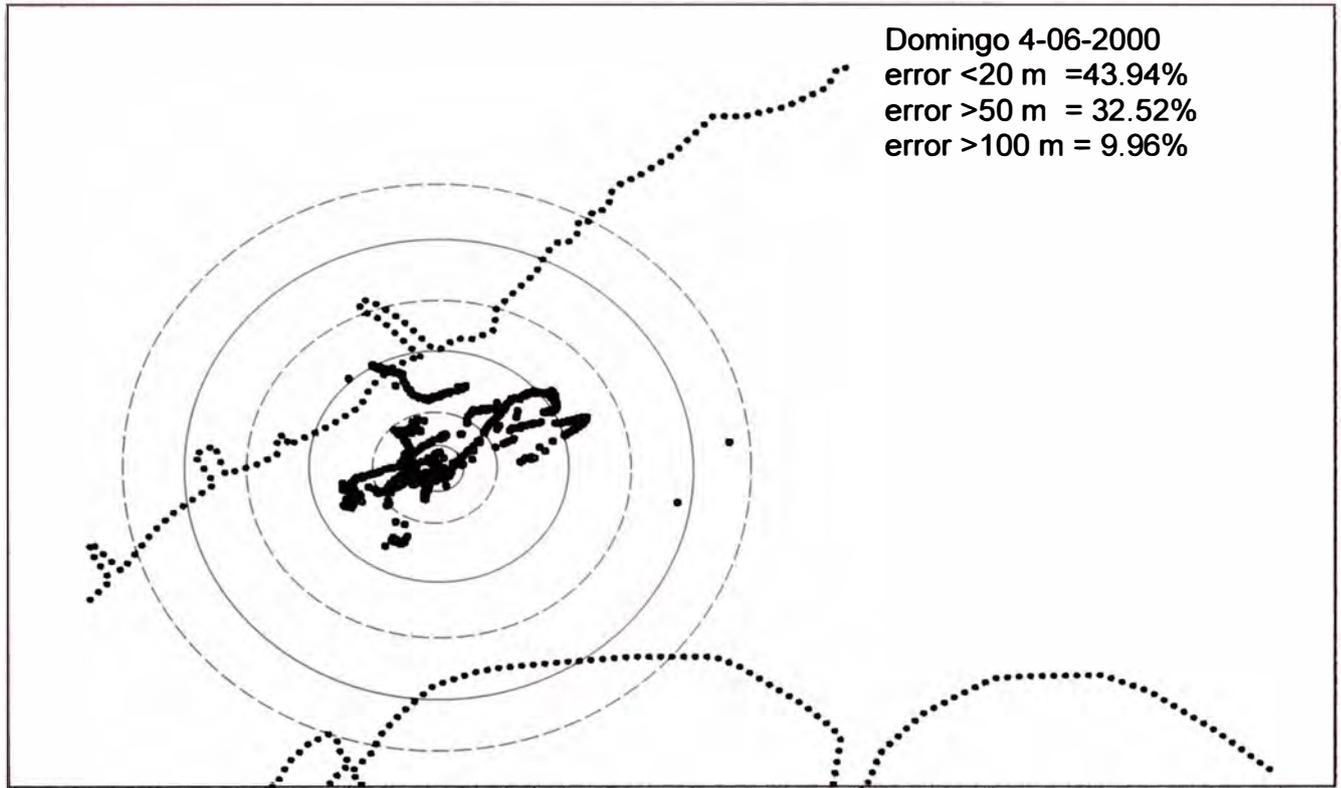


FIGURA A.15 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 4-06-2000

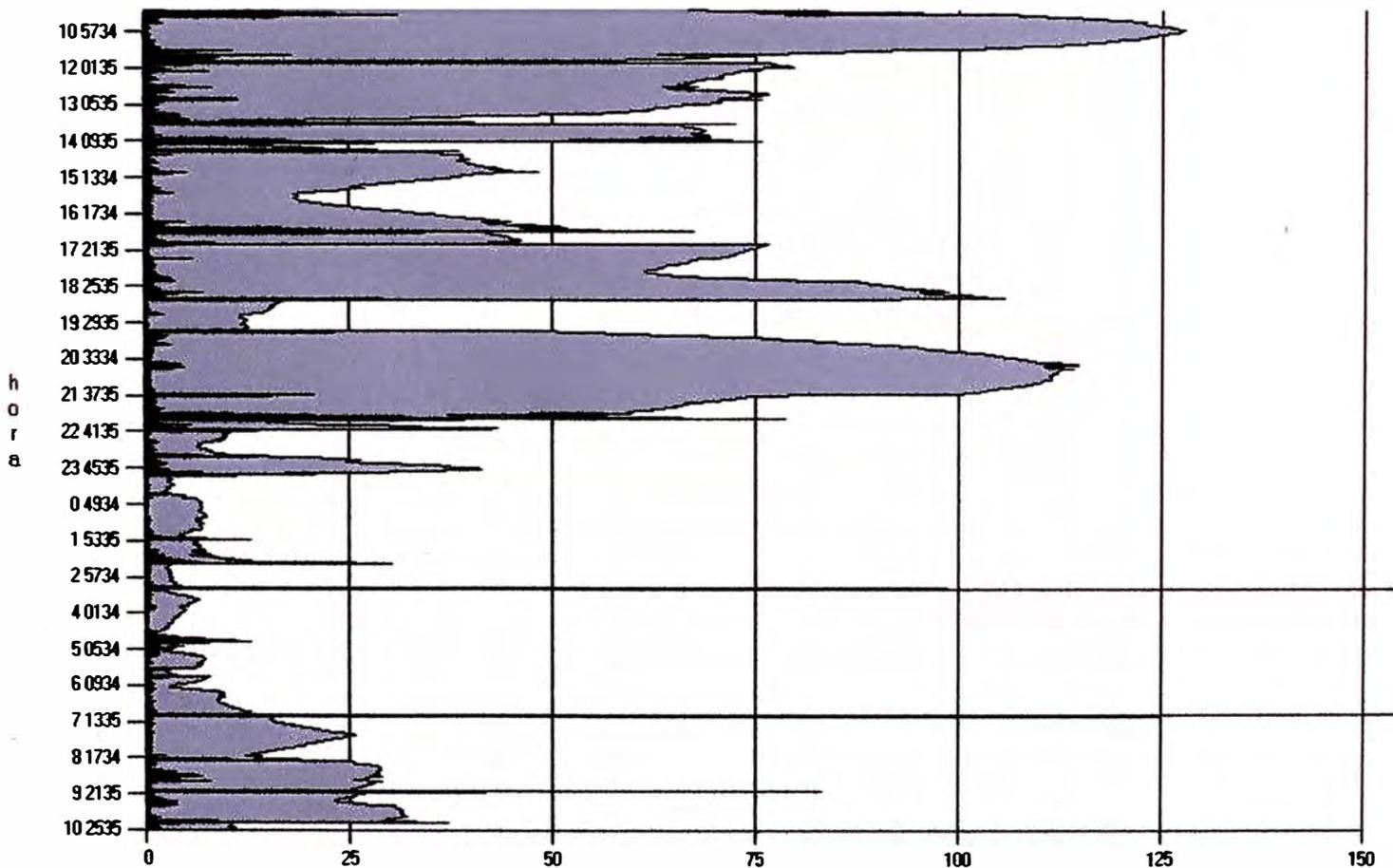


FIGURA A.16 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 4-06-2000

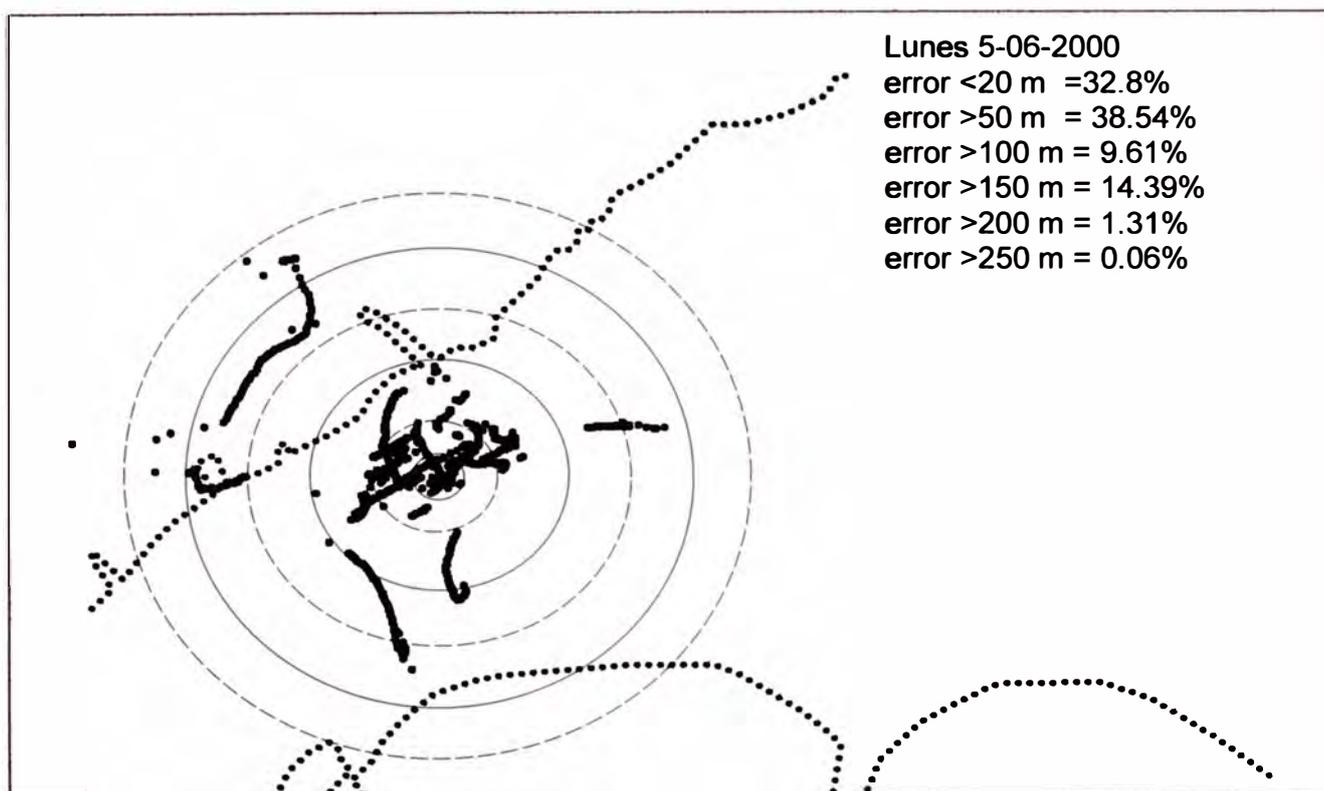


FIGURA A.17 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 5-06-2000

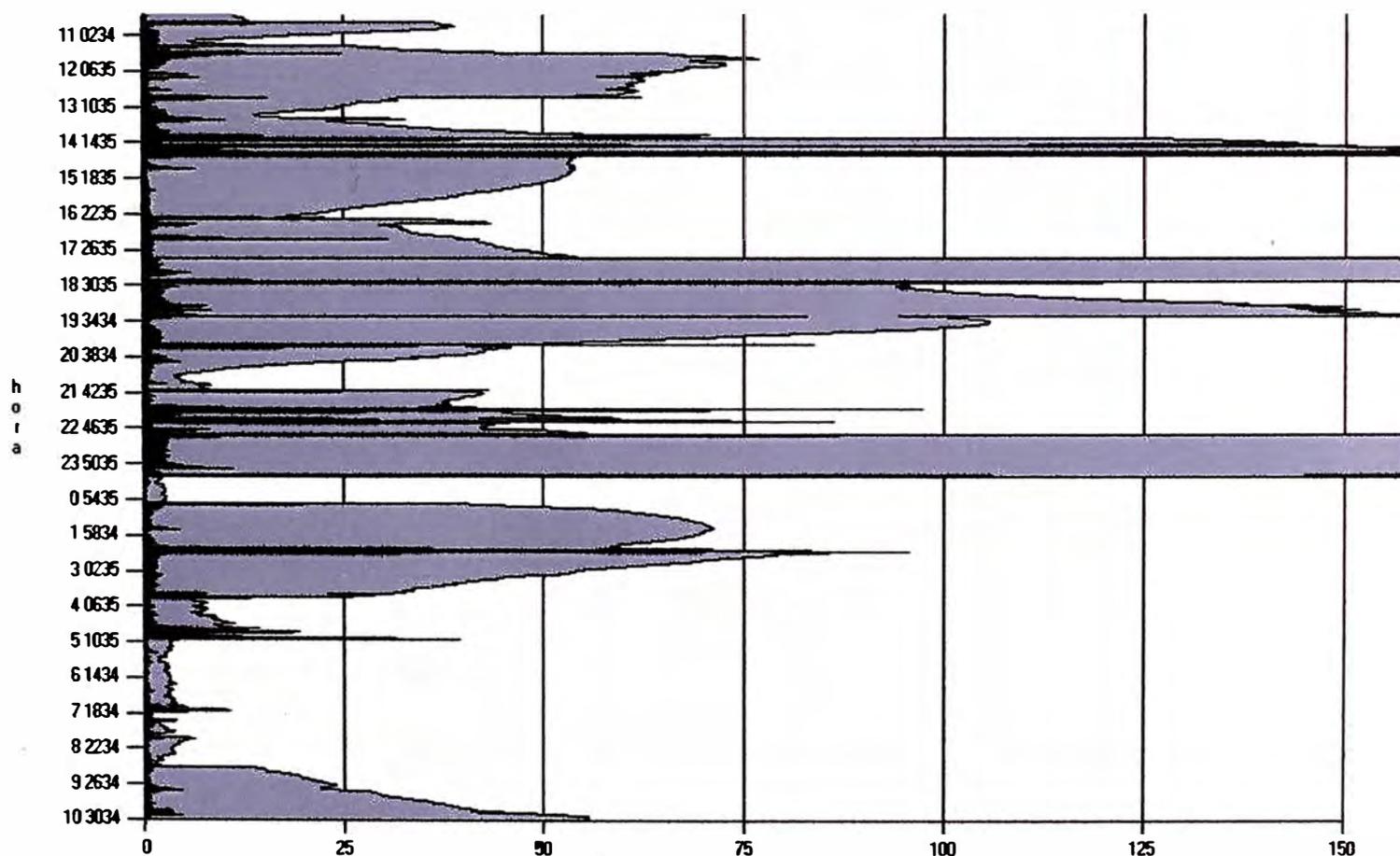


FIGURA A.18 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 5-06-2000

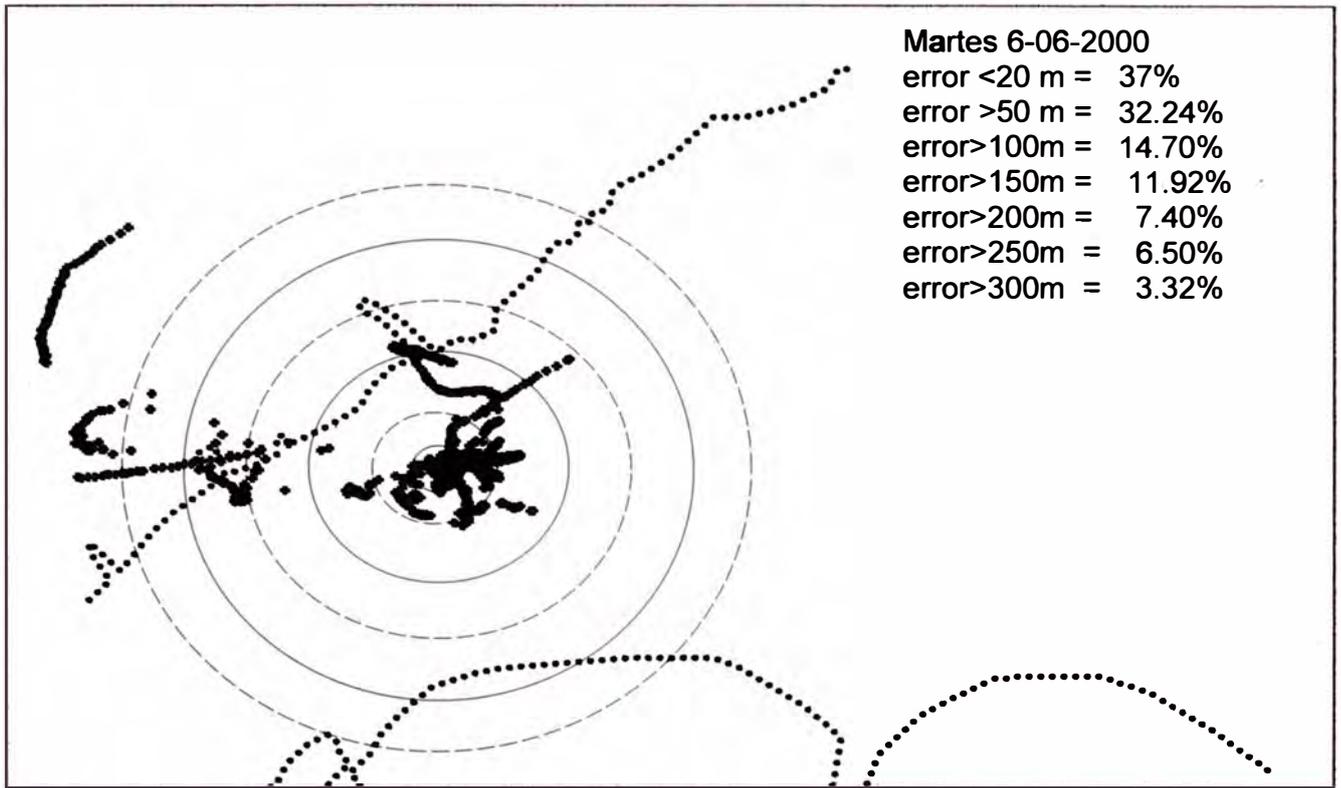


FIGURA A.19 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 6-06-2000

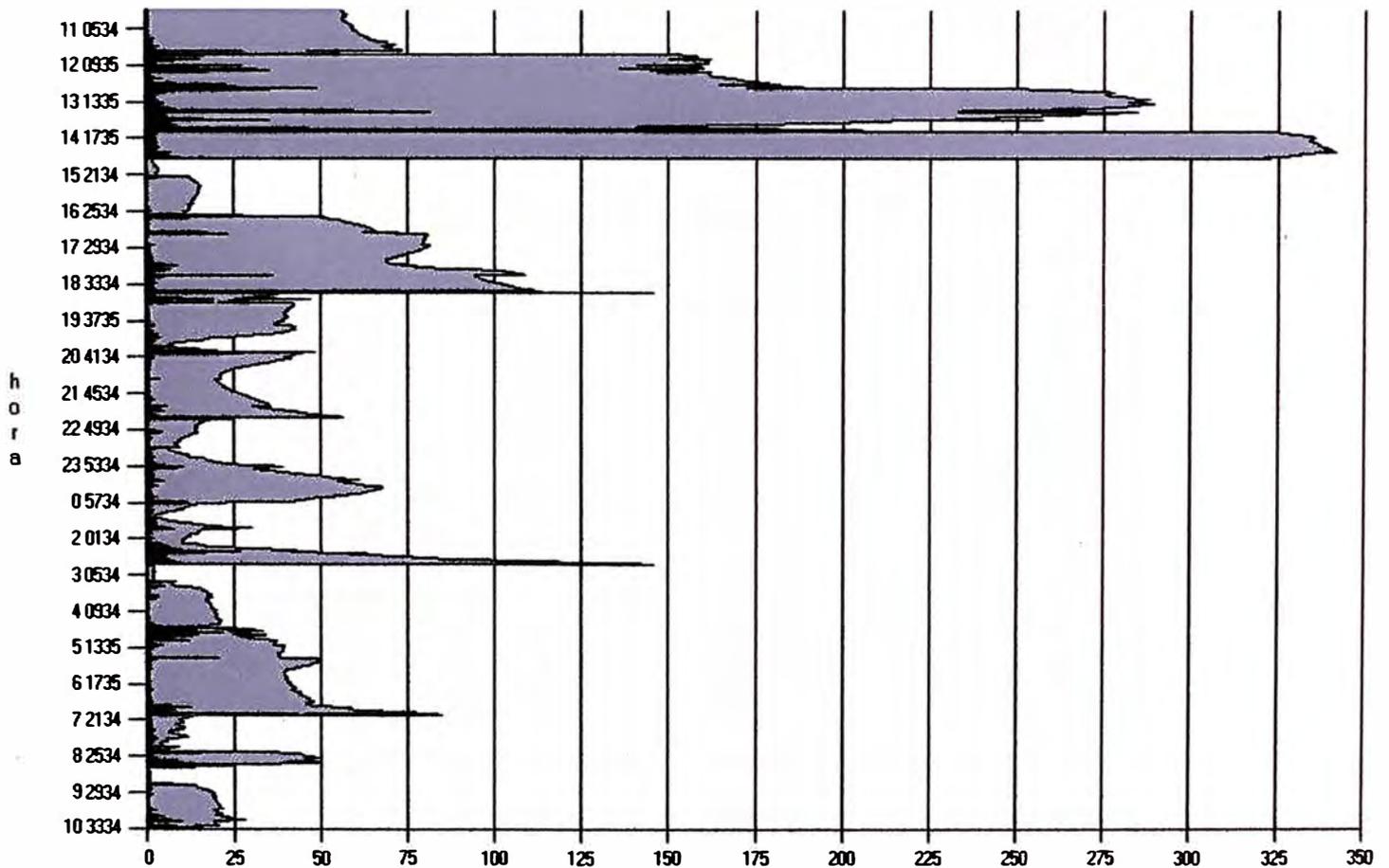


FIGURA A.20 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 6-06-2000

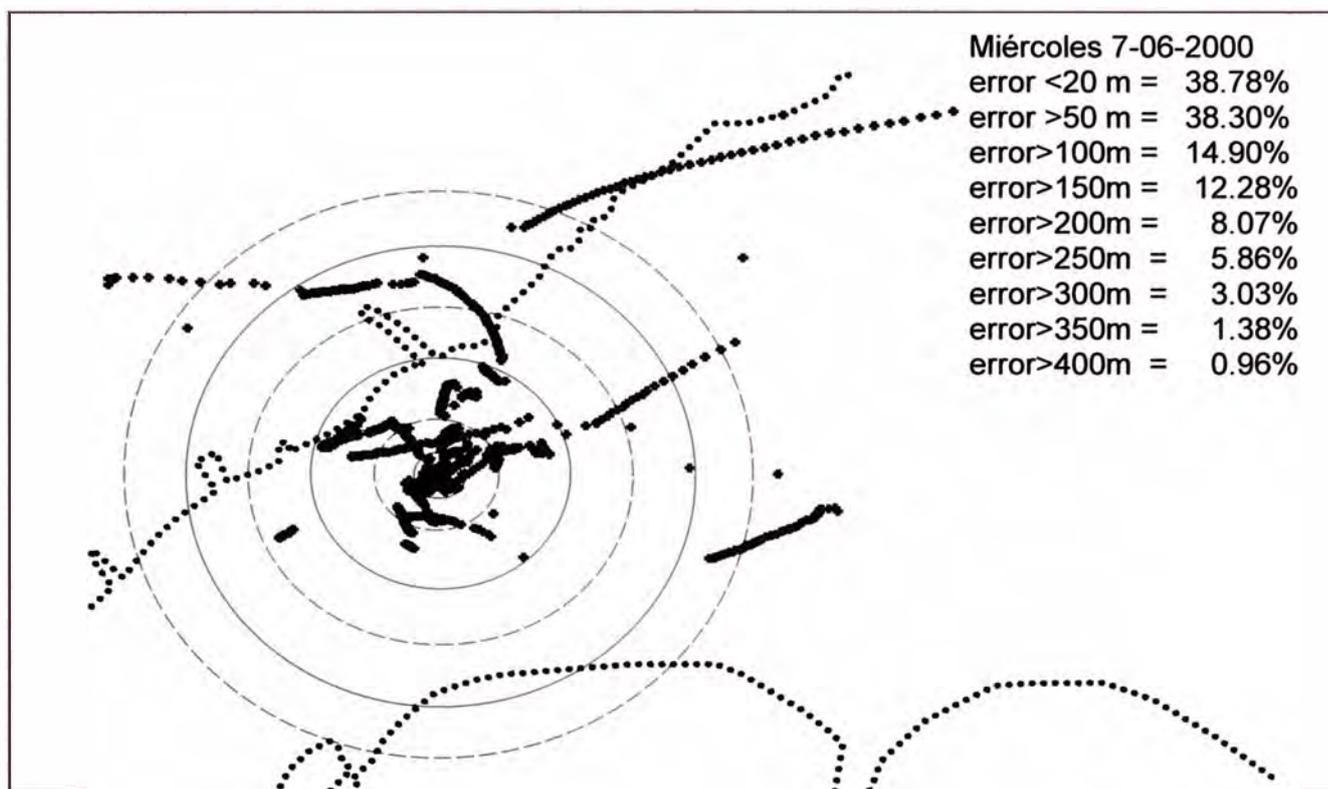


FIGURA A.21 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 7-06-2000

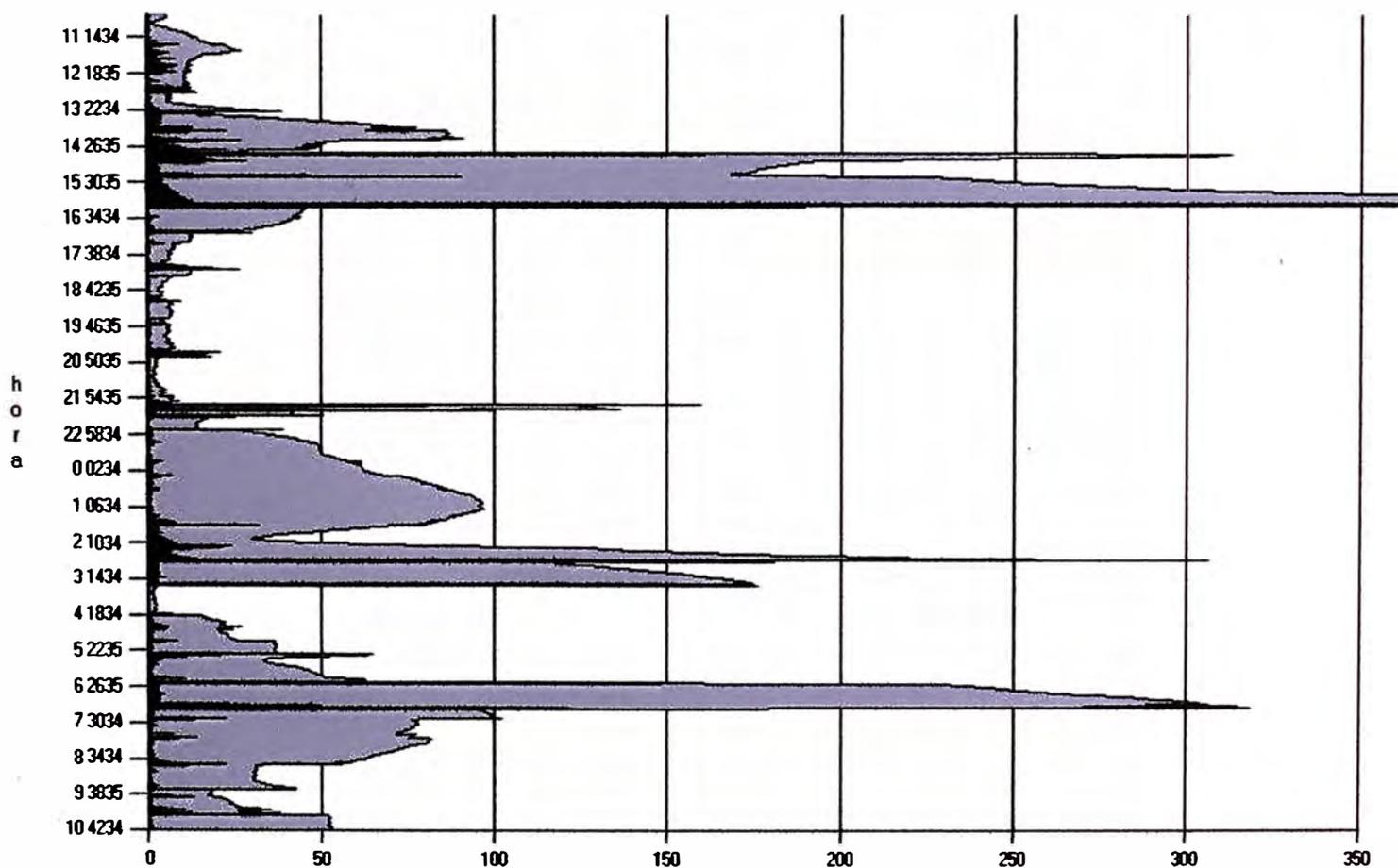


FIGURA A.22 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 7-06-2000

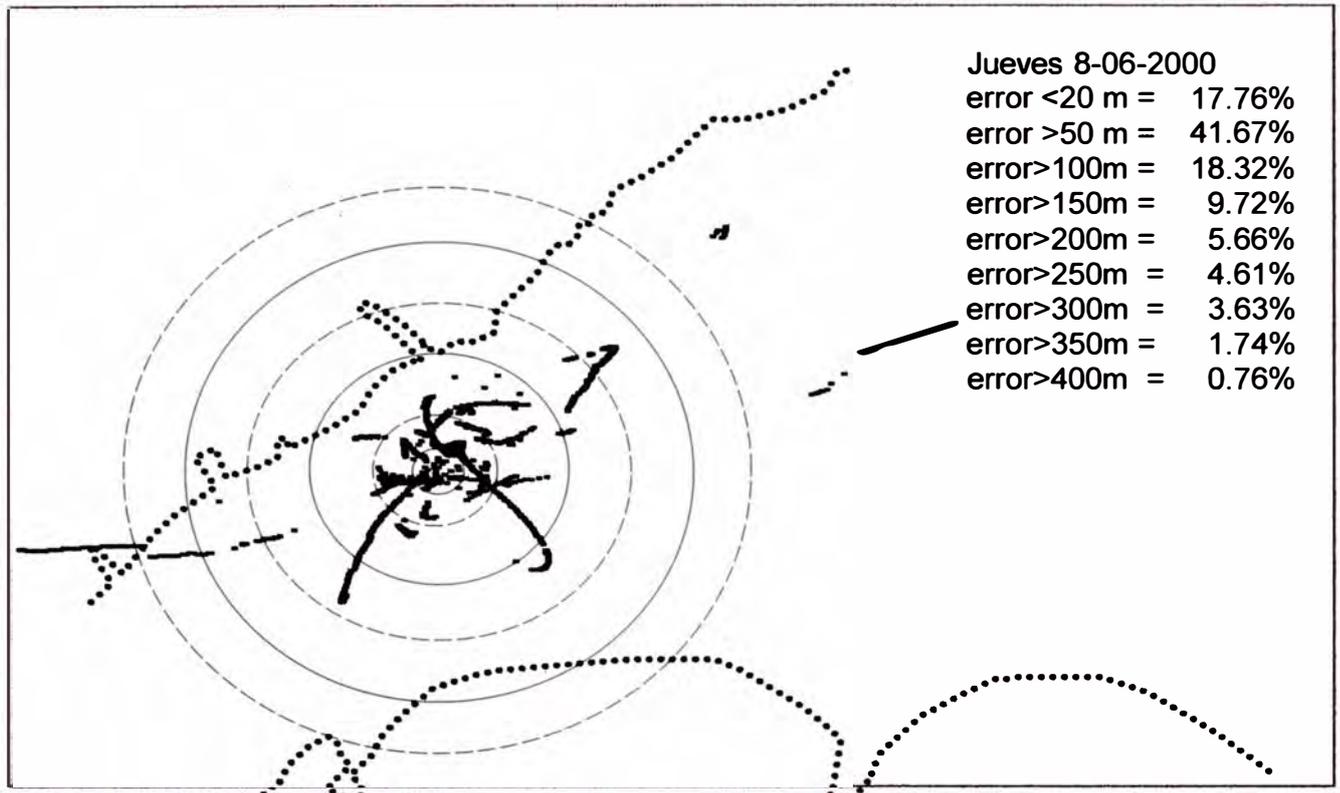


FIGURA A.23 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 8-06-2000

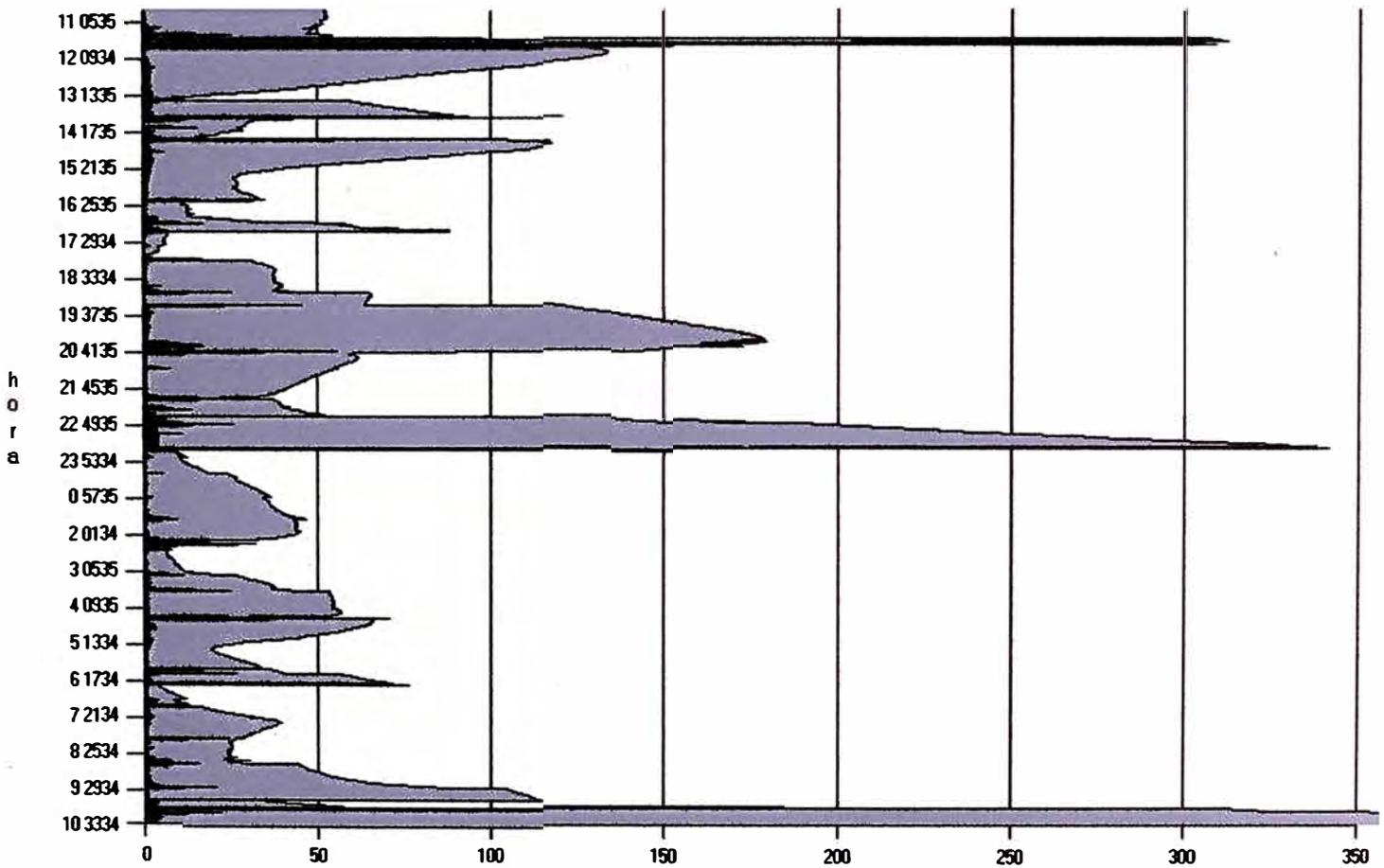


FIGURA A.24 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 8-06-2000

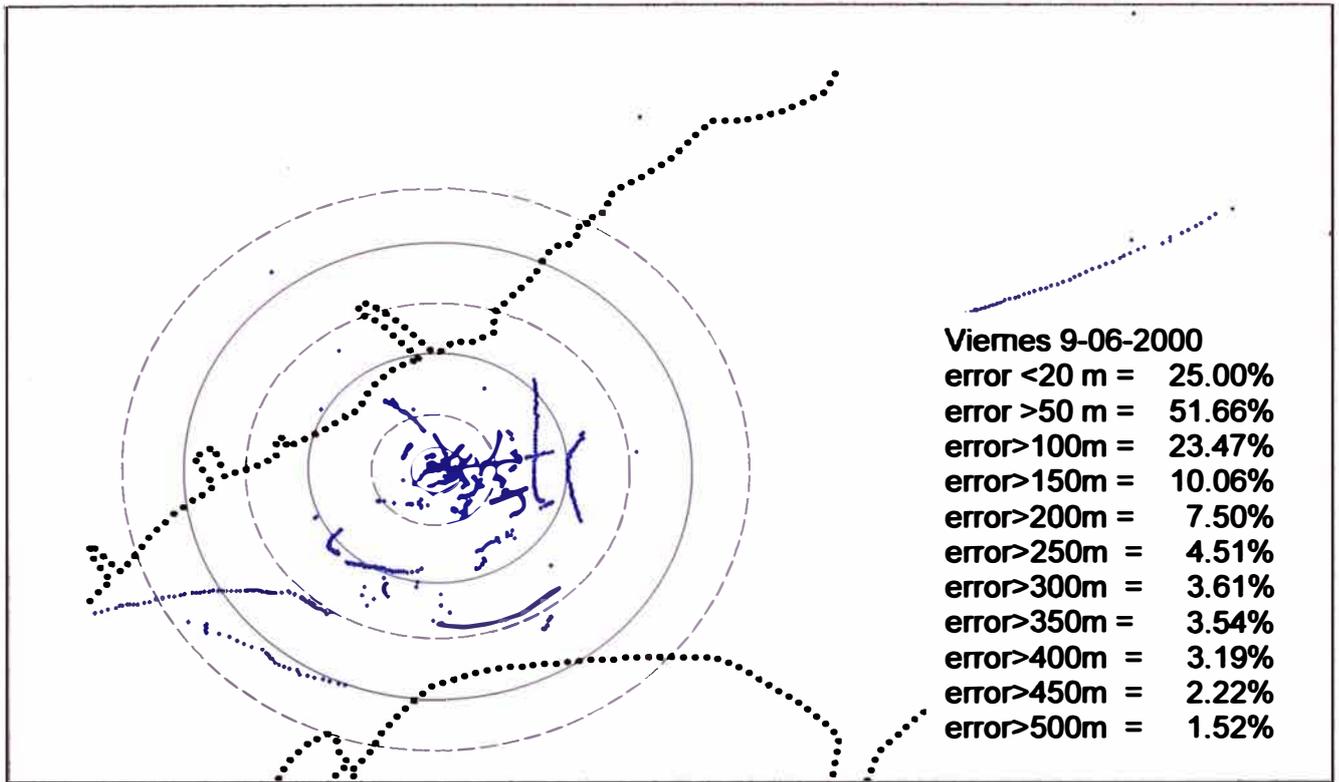


FIGURA A.25 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 9-06-2000

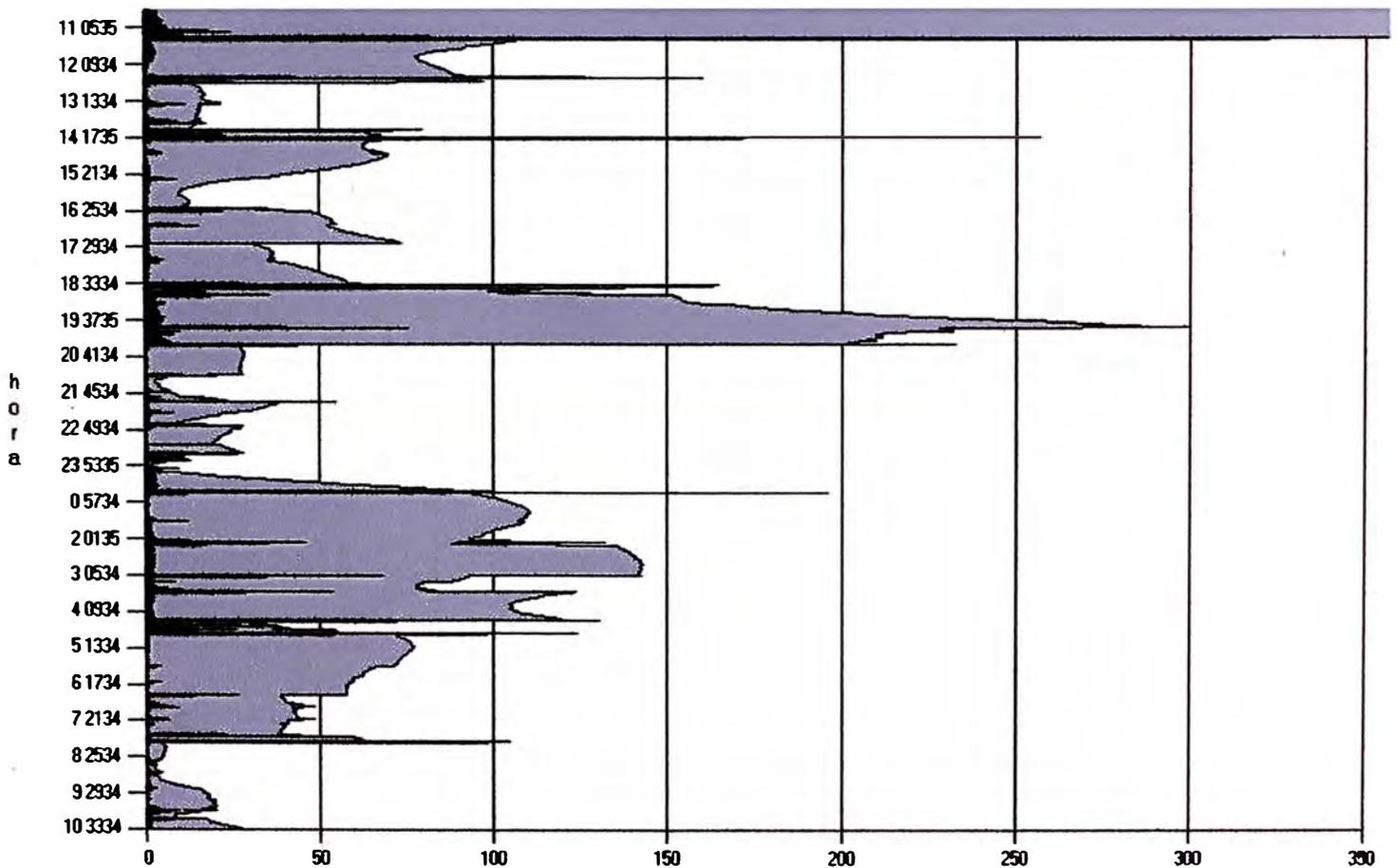


FIGURA A.26 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 9-06-2000

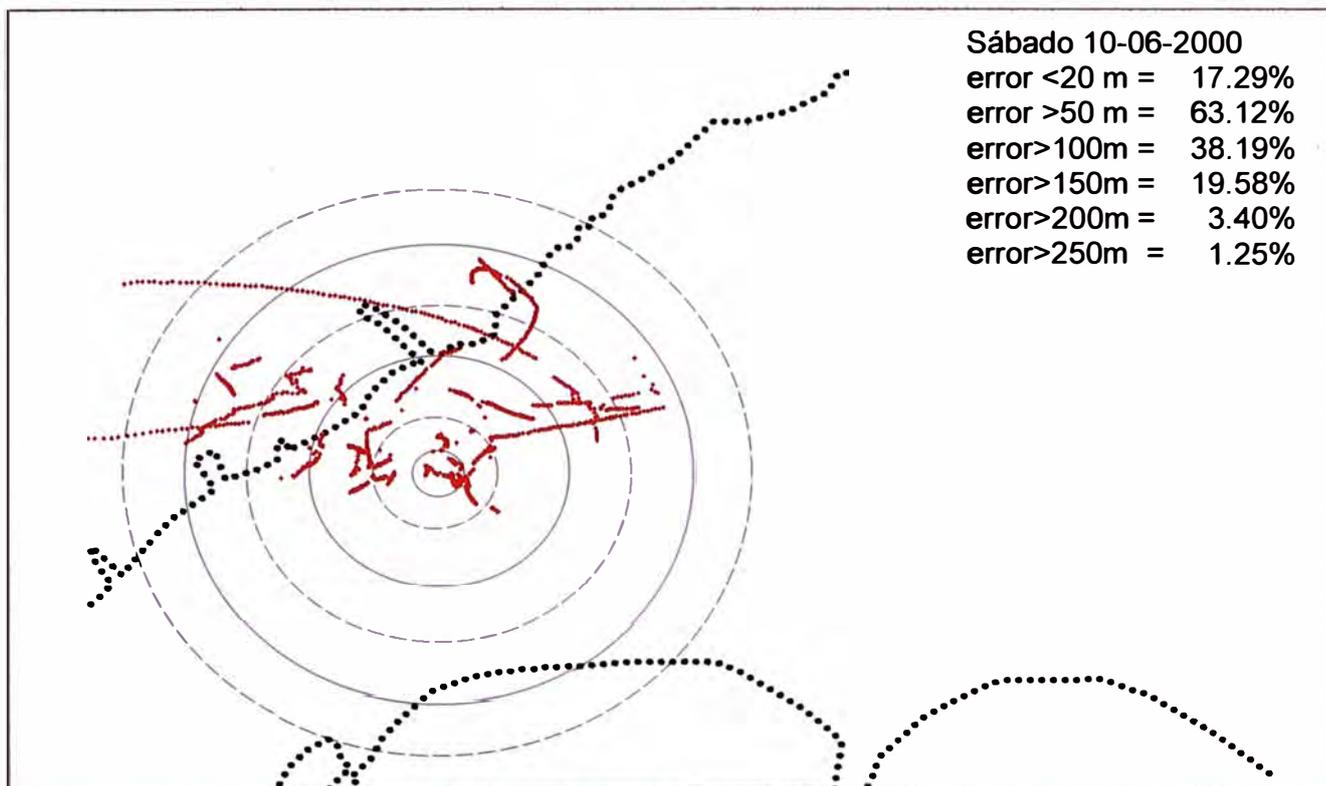


FIGURA A.27 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 10-06-2000

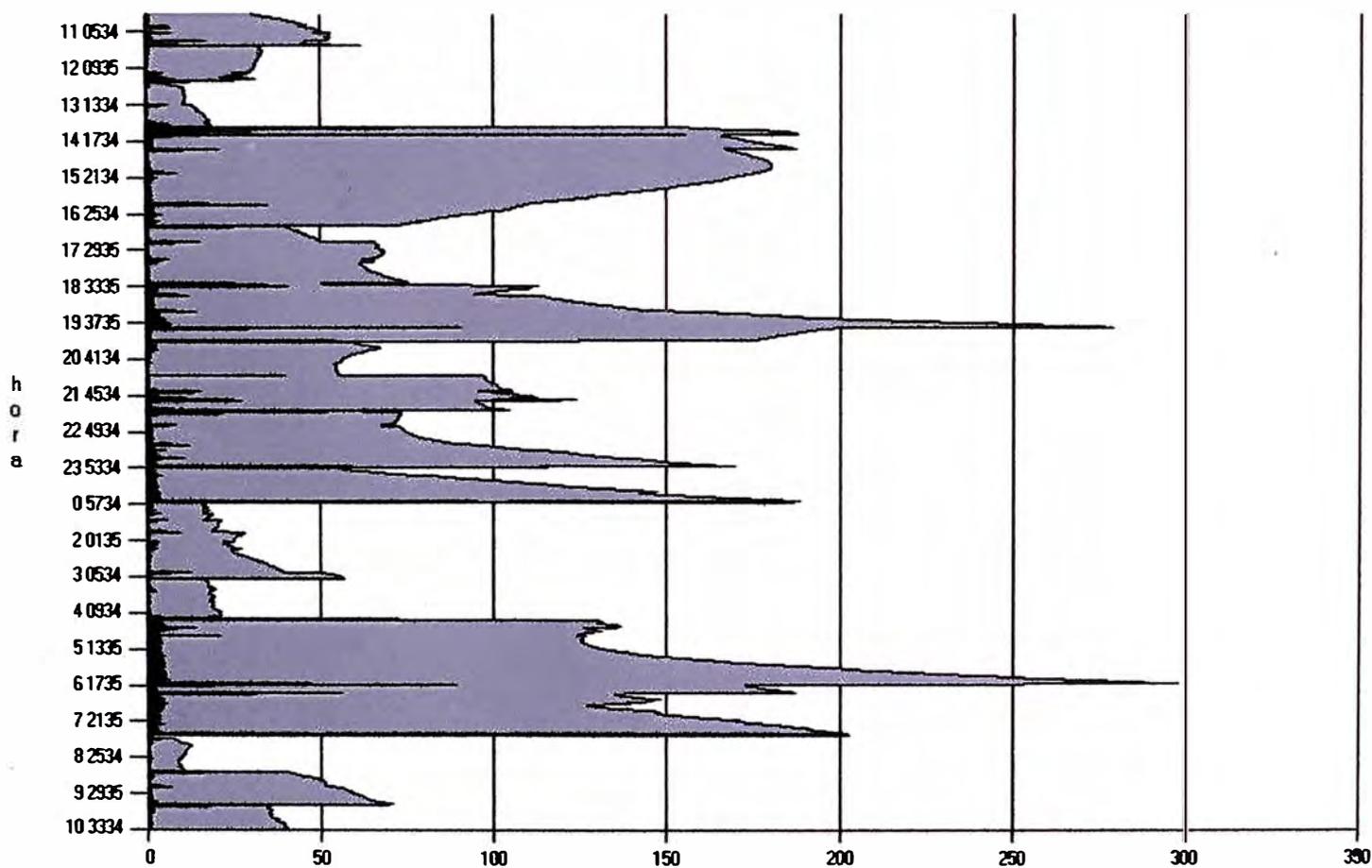


FIGURA A.28 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 10-06-2000

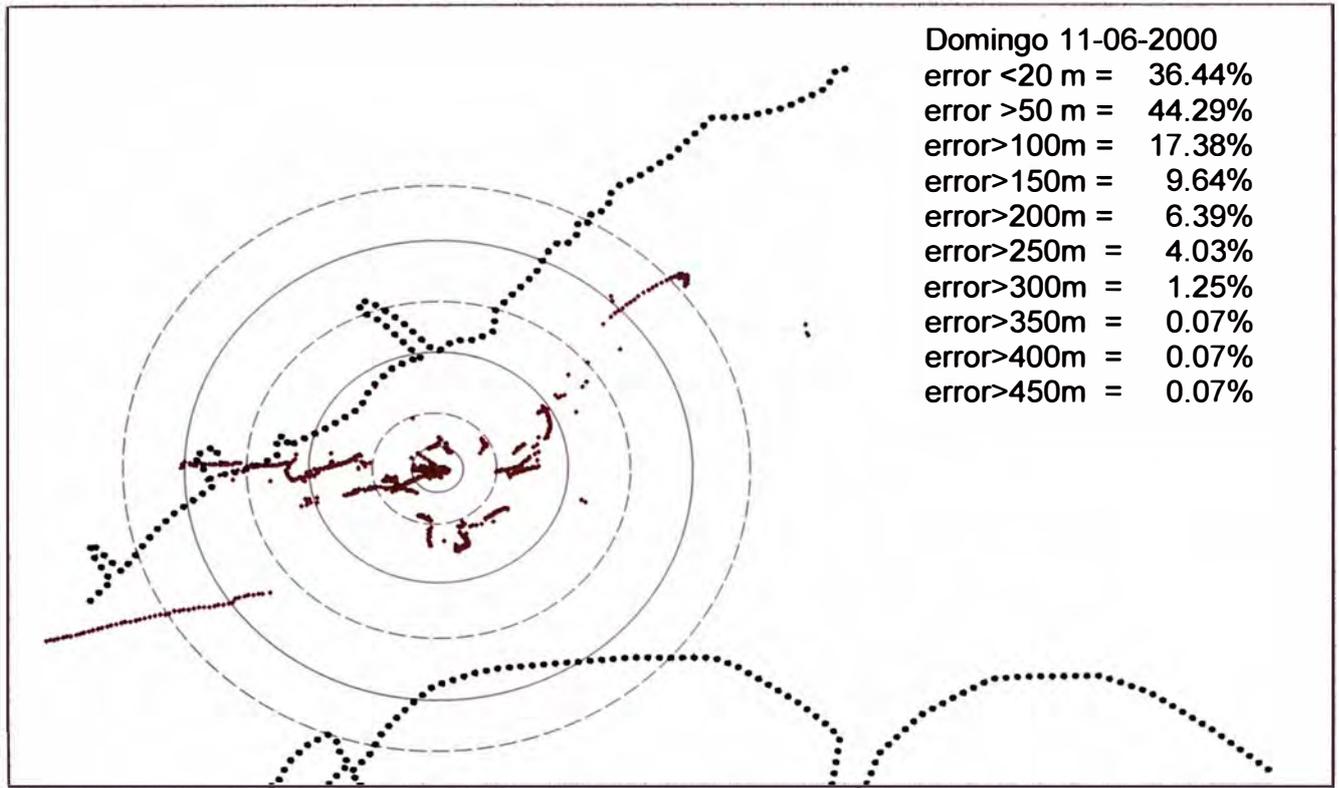


FIGURA A.29 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 11-06-2000

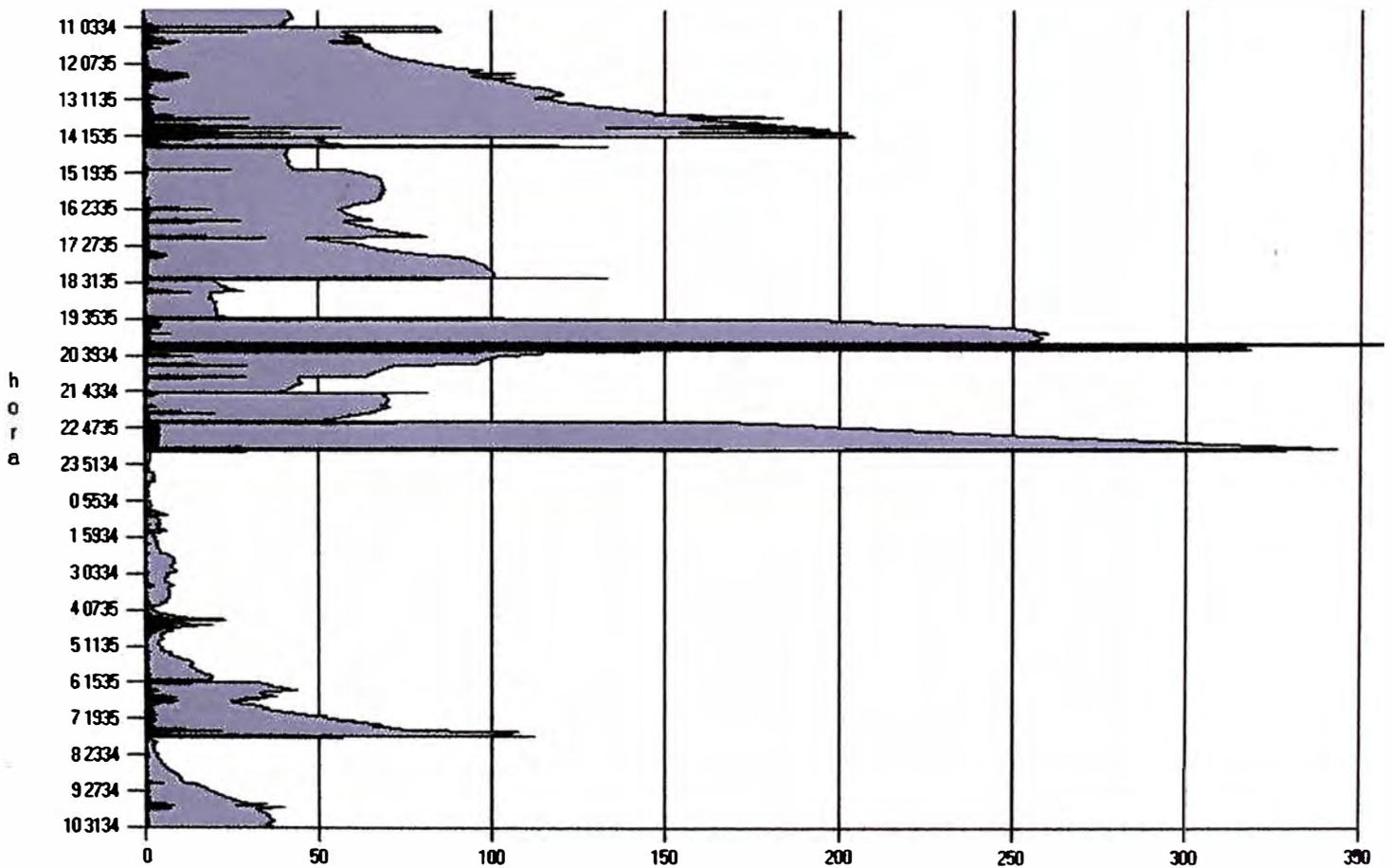


FIGURA A.30 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 11-06-2000

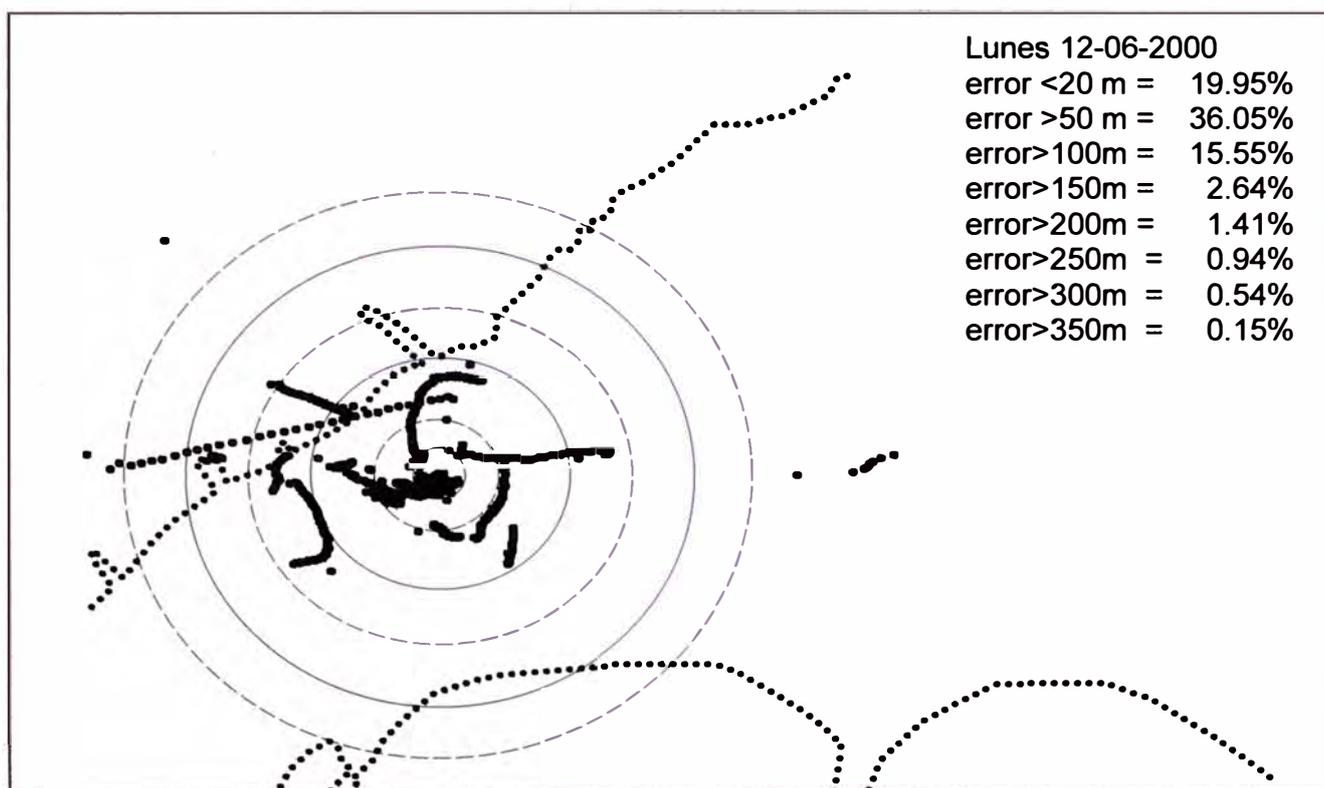


FIGURA A.31 Gráfico de distribución de puntos recolectados. Día 12-06-2000

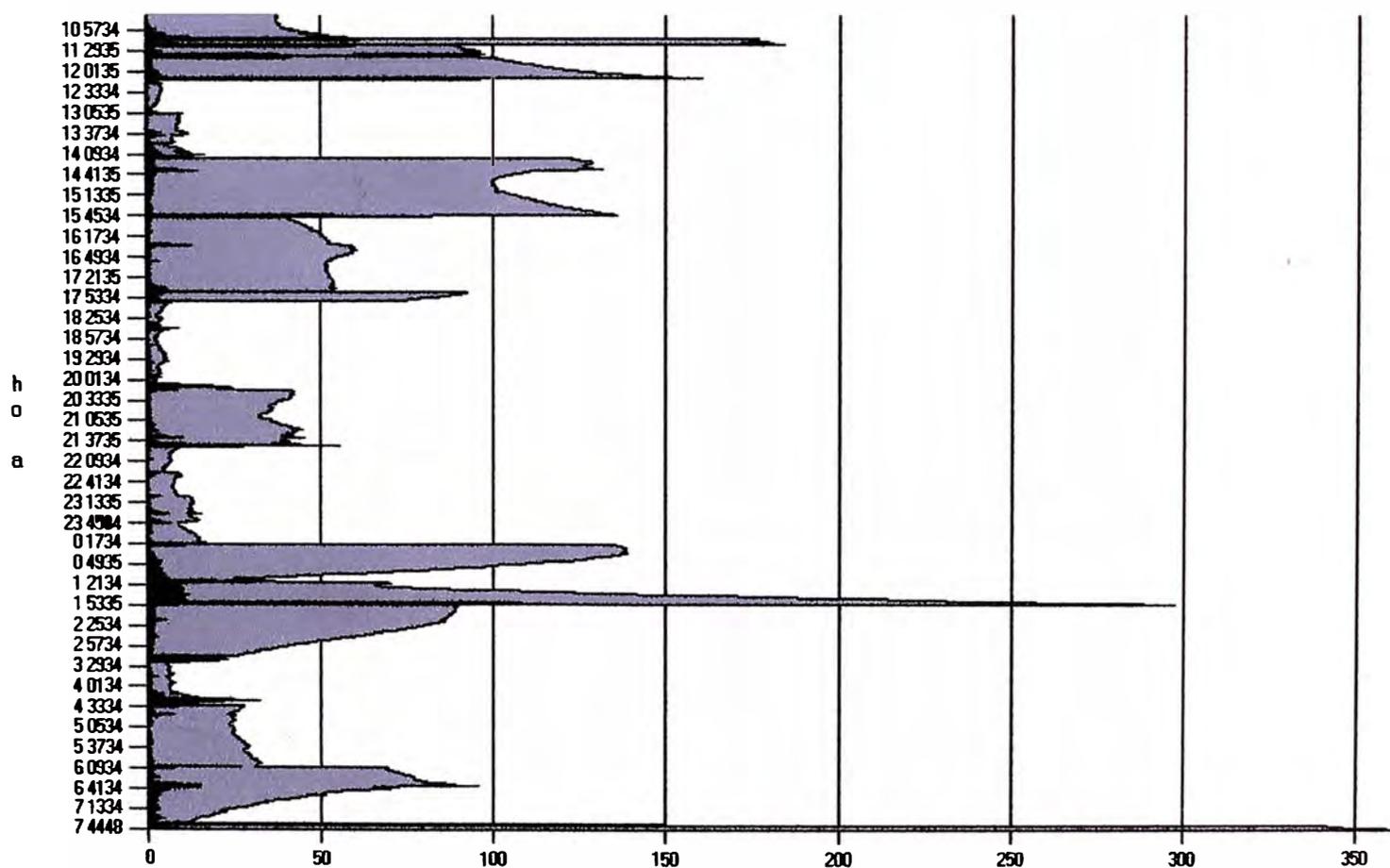


FIGURA A.32 Hra. de muestra vs. Distancia.- 1) al Pto. de referencia 2) al anterior. Día 12-06-2000

ANEXO B
CARTAS ELECTRONICAS

Las Cartas Electrónicas se producen en diferentes escalas, 1:5000 la de mayor detalle (menor área cubierta), hasta 1:500000, la de menor detalle (Mayor área), pasando por escalas de 1:7500, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000, 40000, 50000, 100000. Escala significa, para el caso ejemplo de 1:25000, que 1 cm en el papel(pantalla) representa 25000 cms de terreno (250 metros), y para el caso de 1:100000 1 cm representa 1 Km. A menor escala mayor detalle. En la figura B.1 se puede ver un ejemplo de ello

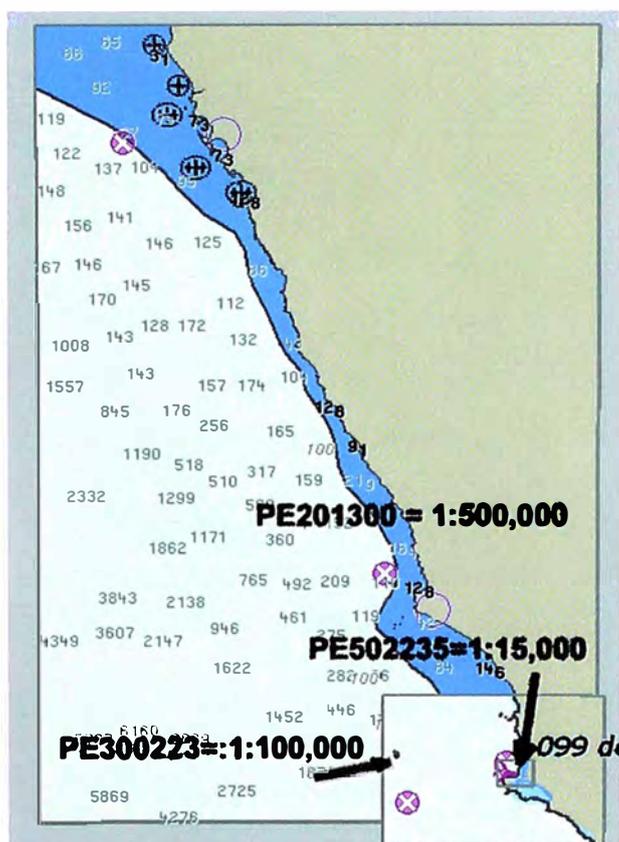


FIGURA B.1 Cartas Electrónicas de diferentes escalas

Las Cartas Electrónicas son archivos digitales cuyo tamaño puede variar de entre algunas decenas de KB hasta aproximadamente 1MB para los de mayor área. Los valores numéricos presentados son las profundidades (sondajes), 6.3 metros se expresa cómo 63. Áreas que abarcan ciertas profundidades pueden aparecer coloreadas de diferente manera. Se puede seleccionar que zonas son o no seguras según la profundidad máxima de navegación asignada a la nave. En la figura B.2 se puede apreciar la carta PE502235 (Con escala 1:15,000), de la rada del Callao.

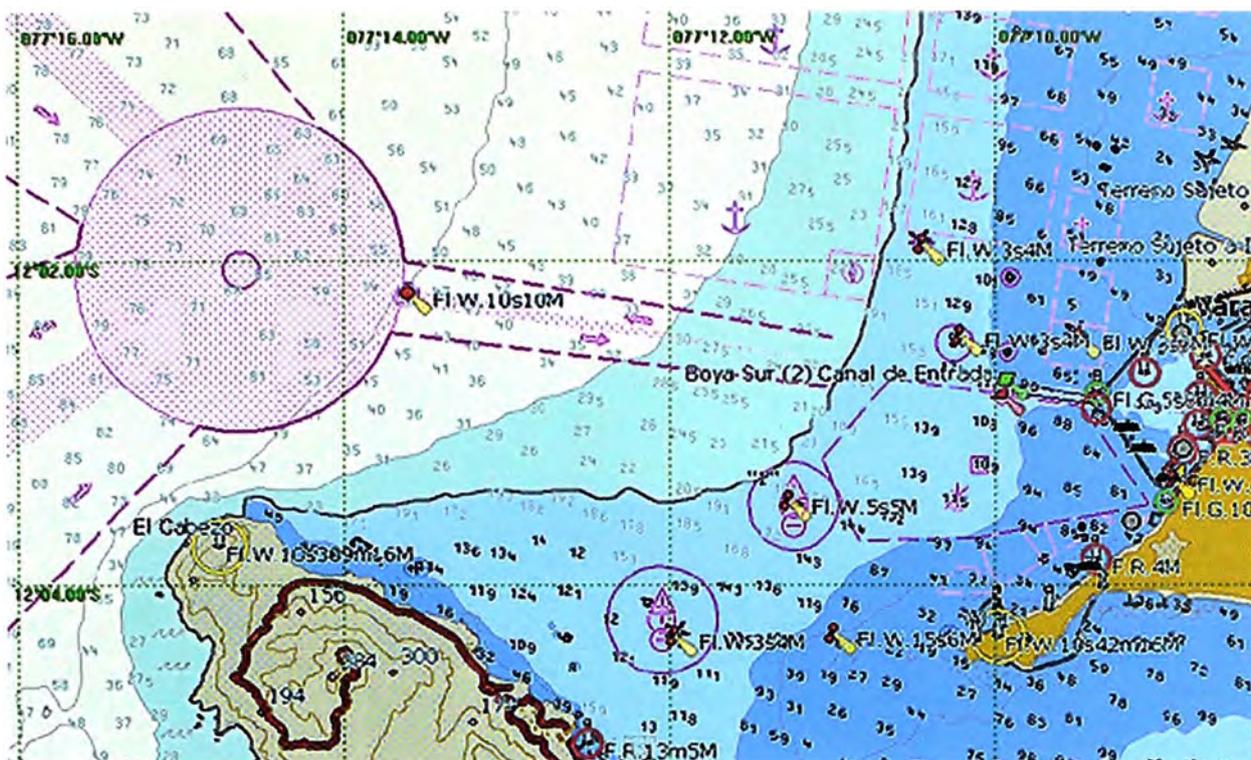


FIGURA B.2 Carta Electrónica de la rada del Callao

En la figura anterior se puede apreciar simbología asociada a elementos del mundo real: buques hundidos, boyas, faros, profundidades, zonas especiales (anclaje de buques), e incluso una "autopista" y un enorme "óvalo" por donde transitan los buques.

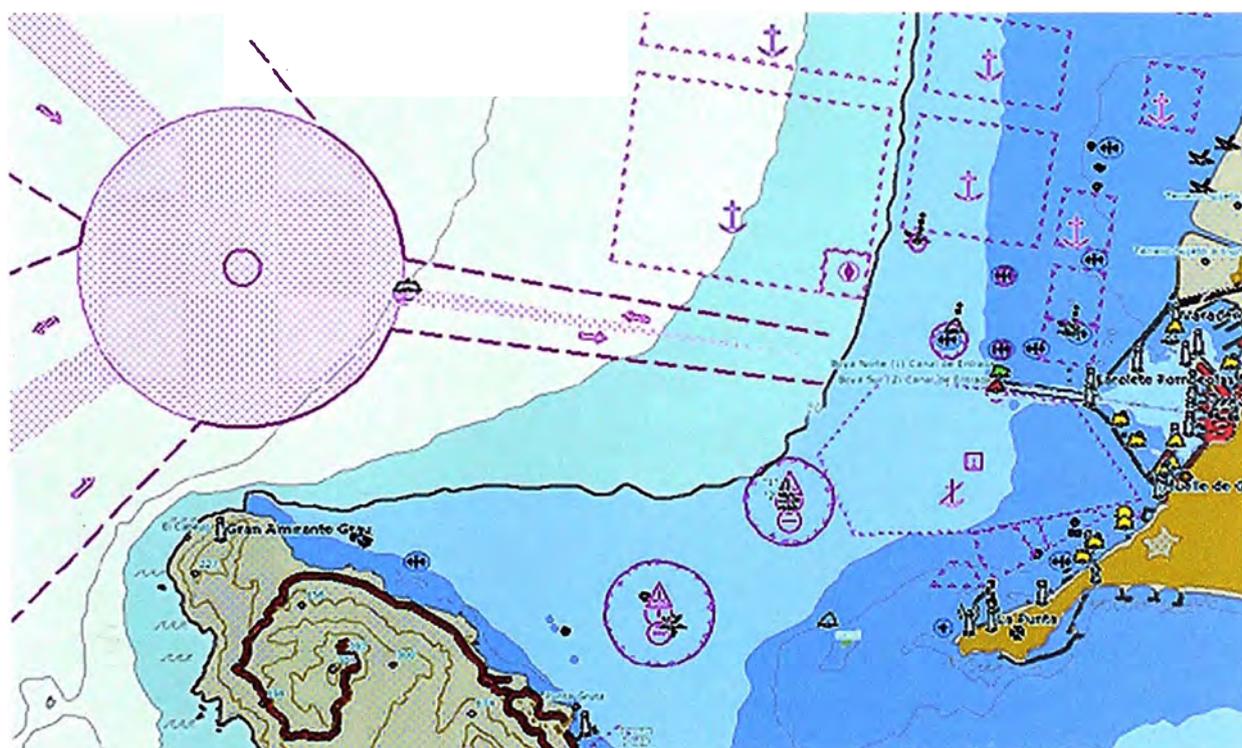


FIGURA B.3 Ejemplo de Carta Electrónica con simbología filtrada y cambio de estilo

Cierta simbología puede ser "filtrada" a criterio del navegante. También puede cambiarse también el estilo de los símbolos entre tradicional (tipo cartas de papel) y simplificado (la simbología moderna). Esto puede apreciarse en la figura B.3.

Los colores de la carta pueden ser variados según las condiciones de iluminación y navegación. La básica y de brillo más intenso es llamada "Day Bright" o día brillante, y cómo ejemplo pueden verse las anteriores figuras. Los otros cuatro colores son: Day Whiteback (día fondo blanco), Day Blackback (día fondo negro), Dusk (Oscuro), y Night (Noche). Ejemplo de estos cuatro estilos pueden verse en la figura B.4.

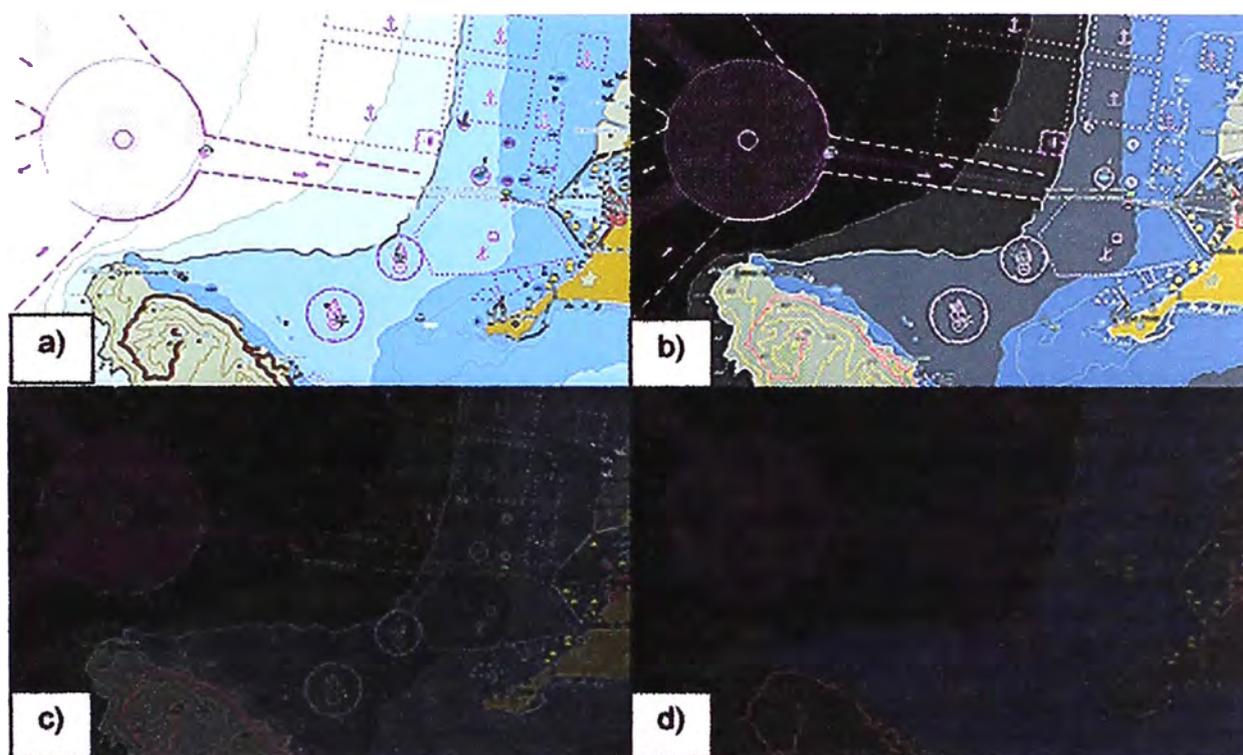


FIGURA B.4 Estilos de Colores de las Cartas Electrónicas a) Day Whiteback, b) Day Blackback, c) Dusk, y d) Night

Cuando se selecciona un punto sobre la pantalla, la carta lo interpreta cómo una solicitud de información y presenta dentro de una ventana flotante una relación de elementos circundantes a tal punto, para permitir al navegante afinar su selección. Al hacer esto la ventana se actualiza mostrando detalles del elemento, El tipo de archivo utilizado para mostrar es html, pero en sí es una información contenida dentro del mismo archivo de la carta electrónica. La capacidad de que cada elemento contenga diversa información, sumada a sus dimensiones y posición, es lo que hace que se consideren cómo datos vectoriales. La figura B.5 muestra un ejemplo de lo explicado en este párrafo.

Pick report at position: 12 03.43 S 077 11.23 W

[BOYISD] - Buoy, isolated danger - Group: 2

FOID	(380, 922531143, 256)
RecordID	PE512235.000/FE2843
Primitive	Point
[BOYSHP]	pillar(4)
[COLOUR]	red(3)
[COLPAT]	horizontal stripes(1)
[CONRAD]	radar conspicuous(1)
[INFORM]	Danger Buoy No.1
[NATCON]	metal(7)
[OBJNAM]	"1"
[SCAMIN]	260000
[NINFOM]	Boya de Peligro No 1

1 Objects are related:

[LIGHTS] - Light - Group: 2

FOID	(380, 922561752 , 256)
RecordID	PE512235.000/FE3358
[CATUT]	horizontally displaced(19)

The map on the right shows a red star-shaped buoy icon labeled '1' and 'FLW-555M'. An orange arrow points to a small square icon on the map. Below the buoy icon is another icon labeled '2'.

FIGURA B.5 Información contenida por cada elemento de la Carta Electrónica

Nota:

Mayor información sobre las Cartas Electrónicas Peruanas se puede encontrar en:
<http://www.dhn.mil.pe/app/menu/servicios/cartografia/WebECDIS/PRODUCTS.HTM>

ANEXO C
ECDIS EN LA ARMADA PERUANA

Un sistema ECIDS similar al mostrado en la figura C.1 fue instalado en las unidades de los buques de la armada peruana, ejecutándose sobre computadoras personales (PC).

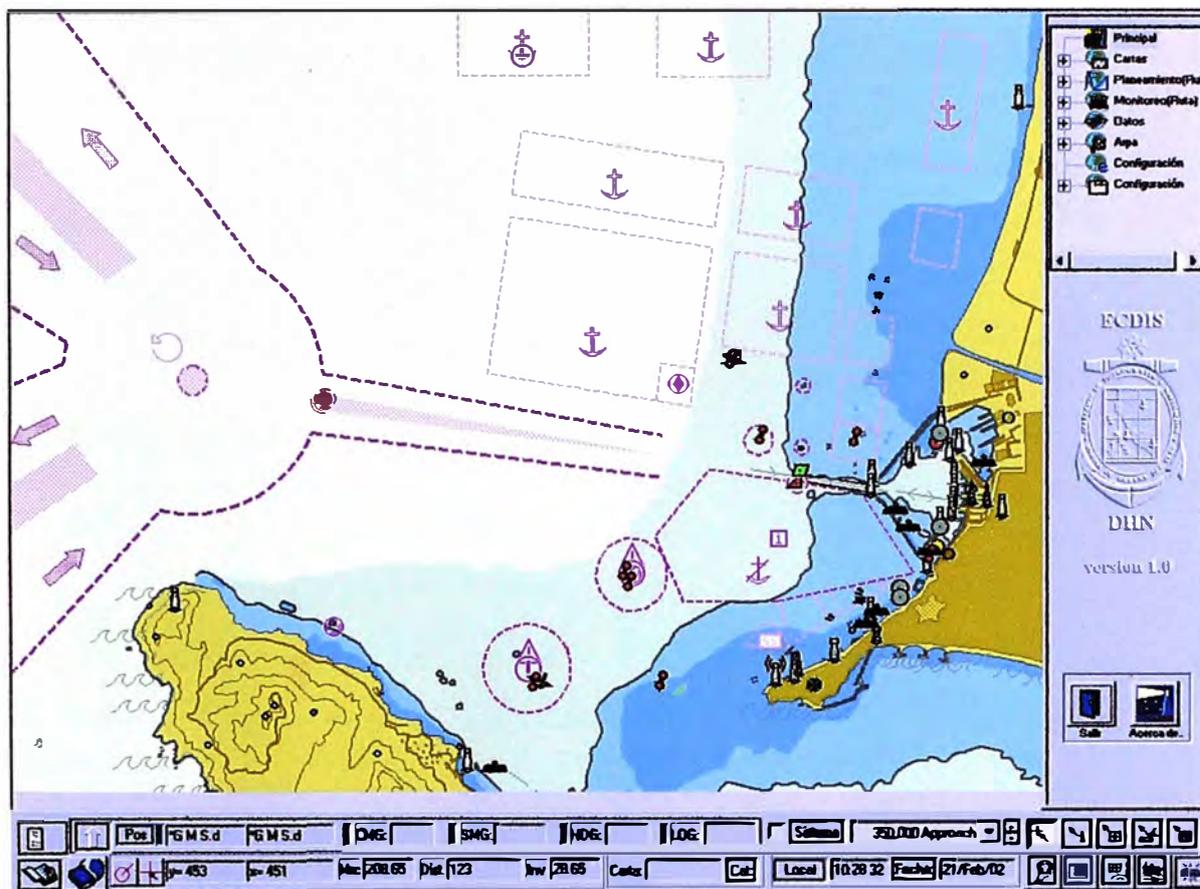


FIGURA C.1 Ejemplo de Interfaz Gráfica de Usuario de ECDIS

C.1 Datos NMEA

Los datos de los distintos dispositivos son enviados según el estándar NMEA 0183 (ver anexo A) con señales eléctricamente similares a las del RS232C, y con igual control de flujo de datos (serial asíncrono). Dada la existencia de otros equipos de abordo que necesitaban la misma información de los distintos dispositivos se construyó una caja "Divisora de señales" permitiendo que hasta cuatro PCs reciban la misma señal (Señales de contacto de radar, datos de girocompas, corredera, posición y velocidad), evitando también problemas de atenuación de la señal digital. La información recibida de los periféricos son:

- TTM "Tracked Target Message".- Los blancos capturados en radar. Se proporciona el número de ID del blanco, su distancia y marcación, su curso y velocidad, distancia y

- tiempo al punto más cercano, las unidades de distancia, el nombre asignado al blanco, y la condición (Adquirido, seguimiento, perdido). Entregada por el Radar.
- OSD "Own Ship Data".- Los datos del propio buque. Orientación del buque, curso, velocidad, etc. Entregada por el Radar.
 - RSD "Radar System Data".- Proporciona información de la EBL (Electronic Bearing Line).
 - VTG "Track Made Good and Ground Speed", el rumbo (verdadero y magnético) y la velocidad.en nudos y en Km/hr, Entregada por el GPS
 - GLL "Geographic Position Latitude/Longitude", las coordenadas.
 - GGA "Global Positioning System Fix Data".- Datos de corrección de posición. Hora, latitud, longitud, indicador de calidad, número de satélites usados, dilución de posición, identidad de estación DGPS, etc. Entregada por el GPS o el receptor DGPS.
 - VHW "Water Speed and Heading". Orientación de girocompas y magnética, y velocidad sobre el agua. Proveniente de Conversores de girocompas y corredera.
 - ZDA "Date and Time".- Hora UTC y local, fecha. Entregada por el GPS.

C.2 Interconexiones de los equipos

La figura C.2 se puede apreciar un esquema de interconexión de los equipos

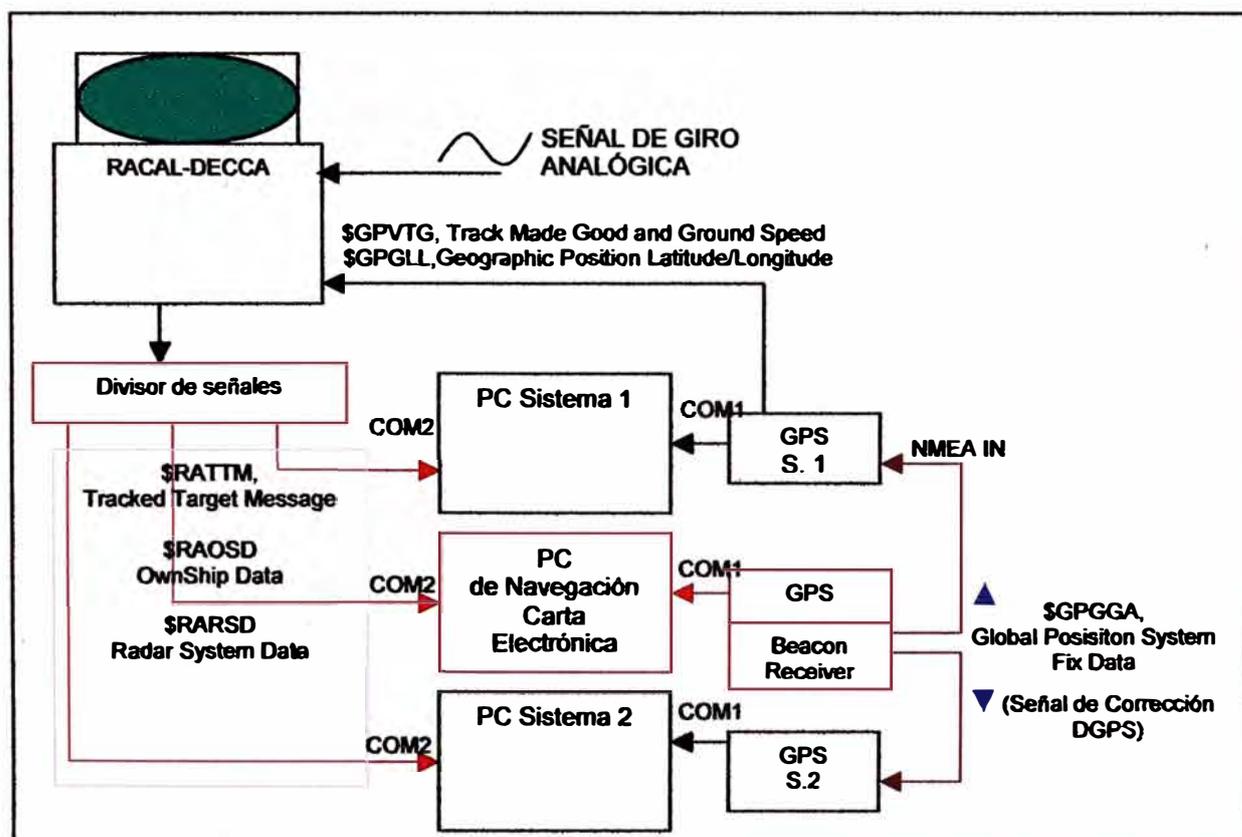


FIGURA C.2 Esquema de conexiones del Sistema de Carta Electrónica

Se resolvieron problemas inexistencia de señales digitales nmea de girocompas y corredera mediante el uso de conversores (submarinos). Los datos de cada conversor son introducidos en un mismo tipo de mensaje al gps el cual los integra en uno sólo: \$GPVHW. Por otro lado se usó el conversor incorporado de girocompas del radar Racal-Decca para entregar esa información al sistema de carta electrónica. Para evitar discrepancia de posicionamiento se decidió usar un sólo GPS dejando los otros dos como respaldo. Por cuestiones de espacio se usó una lat top en los submarinos. Las siguientes figuras, C.3 y C.4, muestra la disposición final de las conexiones e, buques de superficie y en buques submarinos, respectivamente.

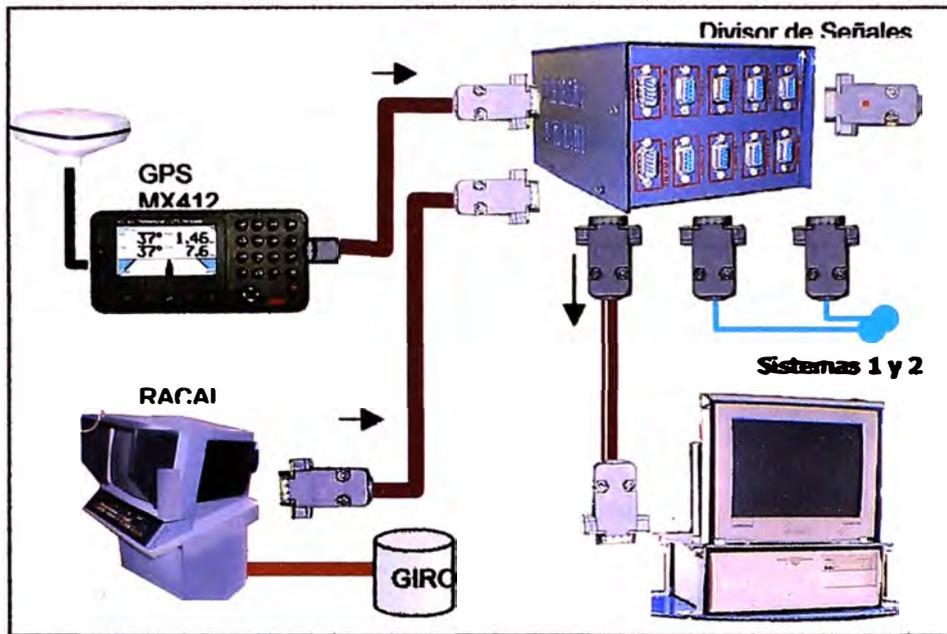


FIGURA C.3 Conexiones en buques de superficie

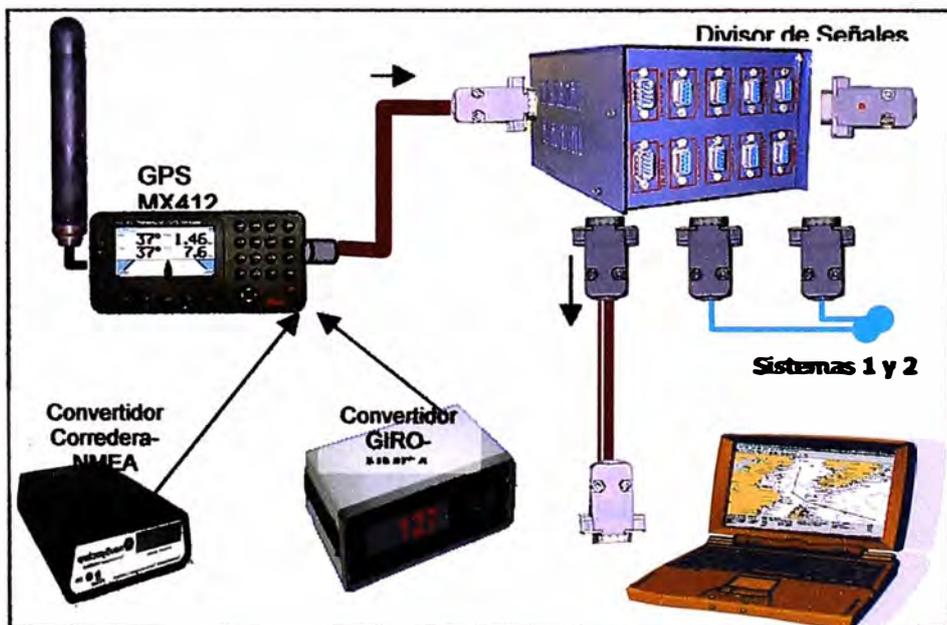


FIGURA C.4 Conexiones en buques submarinos

ANEXO D
REQUERIMIENTOS PARA
EL EQUIPO RECEPTOR DE DATOS DIFERENCIALES

Podemos recalcar de este estándar algunos requerimientos principales:

- a) La gama de frecuencias de los receptores debe ser por lo menos de 283,5-325 kHz, con selección en pasos de 500 Hz;
- b) El receptor debe tener una gama dinámica de 10 $\mu\text{V/m}$ a 150 mV/m.
- c) El receptor debe funcionar con una tasa de errores bits de 1×10^{-3} máxima en presencia de ruido Gaussiano para una relación señal/ruido de 7 dB en la anchura de banda ocupada;
- d) El receptor debe tener estabilidad de frecuencia y de selectividad adecuadas para funcionar con transmisiones espaciados 500 Hz, con una tolerancia de frecuencia de ± 2 Hz; d) El equipo de usuario debe dar una indicación de alarma en caso de pérdida de una solución de navegación válida;
- e) Cuando el receptor cuenta con selección automática de frecuencia, deberá ser capaz de recibir, almacenar y utilizar información sobre las transmisiones del radiofaro procedente de los mensajes de tipo 7 y de tipo 35. (los cuales se enumerarán posteriormente).

Los usuarios de los servicios DGNSS deben seguir las recomendaciones para el funcionamiento de la antena del receptor ya que esta puede ser afectada por las condiciones ambientales, por ejemplo la estática de precipitación en grandes latitudes y el ruido atmosférico proveniente de tormentas eléctricas en donde las antenas de campo H son usualmente mejores pero con menor sensibilidad que las de las antenas de campo E (látigo). El ruido de la nave puede también limitar su desempeño por lo que es importante proveer una buena puesta a tierra para las antenas tipo látigo. El lugar del buque en donde se sitúa la antena puede ser también importante por lo que interferencia local y fuentes de ruido deberían ser identificadas para poder sobrellevarlas.

ANEXO E
EJEMPLOS PARA EL CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD

Ejemplo 1

Podemos asumir un plan de mantenimiento cada seis meses. Esto implica que habrá cuatro (4) suspensiones de servicio por mantenimiento programados en dos años.

Asumamos también que el MTBF (Tiempo medio entre fallas) es de dos años. Esto es una (1) falla cada dos años. Resumiendo habrá cinco interrupciones del servicio sobre el periodo de dos años. Por lo tanto el tiempo medio entre interrupciones es de 2 años divididos entre 5 (MTBO aproximado de 3500 horas).

Ahora asumamos que el tiempo promedio fuera de servicio por mantenimiento programado es de seis horas (esto es en dos años un total de 24 horas). De manera similar, si el periodo de mantenimiento no programado es de 12 horas, entonces se tendría un tiempo total fuera de servicio de 36 horas durante los dos años. Esto cubre cinco eventos de mantenimiento y por lo tanto, el tiempo medio para la restauración del servicio es de 36 horas divididas entre 5 (MTSR aproximadamente igual a 7 horas).

De los datos calculados se obtiene una disponibilidad (sobre un periodo de dos años) de $(3500/(3500+7)) = 99.8\%$

Ejemplo 2

Asumiendo otra vez un plan de mantenimiento cada seis meses, lo que implica que habrá cuatro (4) suspensiones de servicio por mantenimiento programados en dos años.

Si asumimos un MTBF de 2000 horas, se implica que el promedio de fallas sobre 2 años (o 17520 horas) es aproximadamente de 9 (al redondear 8.76). Resumiendo, habrá 13 interrupciones en un periodo de dos años (4 programados + 9 no programados). De los datos anteriores se calcula que el MTBO es de 17520 horas divididas entre 13, lo que da un resultado de 1348 horas.

Si nuevamente asumimos un tiempo promedio de mantenimiento de seis (6) horas, se obtiene un total de tiempo fuera de servicio de 24 horas en el lapso de dos años. De igual forma si el periodo de mantenimiento no programado es de 67 horas (un promedio de 5 horas per interrupción) el tiempo total sin servicio en un periodo de dos años es de 91 horas. Esto considera los 13 eventos de mantenimiento y, por lo tanto, el tiempo medio para restauración del servicio es de $91/13$ (MTSR apoximado de 7 horas).

De los datos calculados se obtiene una disponibilidad de $1348/(1348+7) = 99.5\%$ (en un periodo de 2 años).

ANEXO F
PROPUESTA ECONÓMICA ICAN

El siguiente equipamiento y costo de sistema basado en 2 estaciones para cubrir una porción del Litoral Peruano. Costo basado en una configuración no redundante.

Reference Station Equipment	Quantity
GPS Antenna Cables	300 metres
Beacon Antenna Cables	200 metres
12 Channel L1 RS Receiver and Antenna	2
12 Channel L1 IM Receiver and Antenna	2
Pentium PC and Display	2
Equipment Rack	2
Uninterruptible Power Supply	2
BCS Reference Station Software (Microsoft NT 4.0 operating system, supports Multiple RS/ Multiple IM configuration)	2
125 Watt Radiobeacon Transmitter	2
Antenna Tuning Unit	2
Transmitter Cable	100 metres
Cisco Router (Cisco 2501)	2
Symmetrical T Transmit Antenna (Does not include antenna support towers. These are to be provided by the Navy)	2
Training (3 day Operation and Maintenance Course in Lima)	1
Installation Supervision and Engineering Labour. Includes assembly, test and installation of the DGPS equipment.	1

Shipping to Lima

Note: Power requirements for the entire system should not exceed 5 KW.

Control Monitor Station Equipment	Quantity
Pentium Class PC	1
Modems	1
Cisco Router (Cisco 2509)	1
BCS Control Station Software (Microsoft NT Operating System)	1
Shipping to Lima	1
Operational Training at Lima	1
Integration, test and Installation at Control Monitor site is included.	1

Presupuesto del equipamiento y servicios mostrados en el listado es de **\$309,000 U.S.** Los términos financieros son pago al contado o una letra de crédito irrevocable de un banco aceptable para ICAN y Trimble. Esto incluye El equipamiento de la Estación DGPS y del Control Monitor colocados en Callao. Todos los impuestos son por parte de la DHN. Los trabajos civiles no están incluidos. Se asume que serán llevados a cabo por el cliente. Está incluida la supervisión de la instalación de la Estación DGPS y de Control Central. También de la antena simétrica T, antenas GPS y DGPS.

ANEXO G
GLOSARIO DE TERMINOS

AIS.- Sistema de Identificación Automática.

AFS.- Frecuencia atómica estándar (Atomic Frequency Standard).

ARNS.- Servicios Radiales de Navegación Aérea (Aeronautical Radio Navigation Services).

ATU.- Unidad de Sintonización de Antena. (Antenna Tuning Unit)

BSC.- Controlador de Estación Radiodifusora (Broadcast Station Controller)

C/A.- Adquisición gruesa (Coarse Acquisition)

CCIR.- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.

CICITEC.- Centro de Investigación Científico y Tecnológico de la MGP.

CM.- Oficinas de supervisión y control asistidas.

COG.- Curso sobre tierra (Course Over Ground).

CORPAC.- Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A.

CPA.- Punto más Cercano de Aproximación.

Datum.- El sistema de coordenadas usado en una carta geográfica.

DDFS.- Sintetizador de Frecuencia Digital Directa (Direct Digital Frequency Synthesizer).

DGNSS.- Sistema Global Diferencial de Navegación por Satélite.

DHN.- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

DME- Equipos de medición de distancia (Distance Measuring Equipment).

DR.- Reconocimiento por Estima (Dead Reckoning)

ECDIS.- Sistema de Información y Presentación de Cartas Electrónicas

EGNOS.- Servicio de cobertura Geostacionario Europeo de Navegación (European Geostationary Navigation Overlay Service),

ENC.- Cartas Electrónicas para la Navegación (Electronic Navigational Chart)

FAA.- Administración Aeronáutica Federal USA (Federal Aviation Administration).

GDOP.- Dilución de precisión geométrica. (Geometric Dilution of Precision).

GLONASS.- Sistema Global de Navegación por Satélite (Ruso).

GMDSS.- Sistema de alertas contra desastres (Global Maritime Distress Safety System).

GMS.- Grados, minutos y segundos.

GNSS.- Sistema Global de Navegación por Satélite.

GPS.- Sistemas de Posicionamiento Global.

HDOP.- Dilución de precisión horizontal.

IALA/AISM.- International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities o Asociación Internacional de Señalización Marítima, en español.

ICAO.- Organización de Aviación Civil Internacional (International Civil Aviation Organization)

IEC.- Comisión Electrotécnica Internacional.

IGEB.- Comité Ejecutivo GPS de Agencias (Interagency GPS Executive Board).

IGN.- Instituto Geográfico Nacional.

IGP.- Instituto Geofísico del Perú .

IHO.- Organización Hidrográfica Internacional.

IM.- Monitor de integridad.

IMO.- Organización Marítima Internacional.

ITU-UIT.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

M-code- Código militar

MGP.- Marina de Guerra del Perú.

MTBO.- Tiempo Medio Entre Interrupciones (Mean Time Between Outages)

MTSR.- Tiempo Medio para Restauración del Servicio (Mean Time to service Restoration).

LF/MF.- Frecuencia Baja/Frecuencia Media.

LOP.- Líneas de posición.

MSAS.- Multi-functional Satellite Augmentation System. Sistema Japonés geoestacionario de posicionamiento

MEO.- Órbita terrestre media (Medium Earth Orbit)

MSK.- Modulación digital Minimum Shift Keying.

NDB.- Radiofaro no direccional (Non Directional Beacons)

NMEA.- Asociación Electrónica Marina Nacional (National Marine Electronics Association). Creadora del estándar NMEA-0183.

PDOP.- Dilución de la precisión de posición (3-D), algunas veces el DOP esférico.

PPS.- Servicio de Posicionamiento Preciso.

PRN.- Ruido pseudo aleatorio. (Pseudo Random Noise)

Racon.- Baliza de Radar Activa.

RAIM.- Receptor Monitor de Integridad Autónomo (Receiver Autonomous Integrity Monitoring).

RSIM.- Acrónimo para RS (Reference Station) e IM (Integrity Monitor). El estándar para este tipo de mensajes es el RTCM 10401.2, Standard for Differential Navstar GPS Reference Stations and Integrity Monitors (RSIM)

RTCM.- Comisión Radiotécnica para Servicios Marítimos. Creadora del estándar RTCM-104. (Radio Technical Commission for Maritime Services)

RS.- Estación de referencia.

RTE.- Intensificador De Blanco Radar.

RTK.- Cinemática en tiempo real (Real Time Kinetic).

SA.- Disponibilidad Selectiva (Selective availability). Errore introducido artificialmente al GPS-SPS.

SAD-56.- Datum geográfico Sudamericano 1956. Usado en antiguas cartas del IGN.

SAR.- Búsqueda y Rescate (Search and Rescue)

SOG.- Velocidad sobre tierra (Speed Over Ground)

SOLAS.- Seguridad de Vida en el Mar (Safety Of Life At Sea).

SPS.- Servicio de Posicionamiento Estándar.

SV.- Vehículo Espacial.

TCPA.- El Tiempo hasta el Punto más Cercano de Aproximación.

TCXO.- Un oscilador de Cristal de Temperatura Compensada (Temperature Compensated Crystal Oscillator)

TDOP.- Dilución de precisión de tiempo.

UPS.- Sistema de potencia ininterrumpida

USAF.- Fuerza Aérea de USA.

UTC.- Tiempo Universal Coordinado.

UTM.- Universal Transverse Mercator. Coordenadas Métricas

VDOP.- Dilución de posición vertical (Altura).

VTS.- Servicio de Tráfico de Embarcaciones (Vessel Traffic Service)

WAAS.- Sistema de aumentación de área amplia (Wide Area Augmentation System),

WGS-84.- Datum geográfico World Geodetic System 1984.

WWRNS.- Sistema de Radionavegación de Cobertura Mundial.

BIBLIOGRAFIA

1. Report of the RNAV Workshop Chile 10-12 April (IALARAD2)
2. Integrity of Present and Future (d)gnss for Maritime and Inland Waterways Applications. Michael Hoppe, Mario Walterfang, Stefan Bober, Federal Waterways and Shipping Administration. Presentations and Discussion Forum on DGNSS, XVIth IALA CONFERENCE, 2006, Germany
3. ANNUAL of NAVIGATION, Cezary Specht, Availability, Reliability and Continuity Model of Differential GPS Transmission. Published in affiliation with the Gdańsk Branch of the Polish Academy of Sciences, 5/2003
4. List of Radionavigation Services. DGNSS Reference and Transmitting Stations in the Maritime Navigation (Radiobeacons) Band. IALA , International Association of Lighthouse Authorities. October 2002.
5. IALA NAVGUIDE, 4th Edition. December, 2001.
6. Global Positioning System Standar Positioning Service Signal Specification. 2nd Edition, June 1996
7. Global Positioning System Standar Positioning Service Signal Specification. Annex A Performance Specification. 2nd Edition, June 2, 1995
8. Navstar GPS User Equipment Introduction, September 1996
9. Global Positioning System
10. How Radiobeacon Stations can be converted for DGNSS. Royal Danish Administration of Navigation and Hydrografic. Ib Pforr-Weiss, BSc, Head of Radio Navigation Service, Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography. April 2000.
11. Characteristics of AMSA's Differential GPS Service. Issued by Policy and Plannin, Navigational Services, australian Maritime Safety Authority, March 1998.
12. Manual Técnico Sistema Radiante de Radiofaro. TECNASA , código 656-026-001-7/656-011-001-4/656-012-001-3
13. NDB Calculations and Theorie. Wilhelm Dahm. ICAO TA Project. Per/81/003. 09-07-1987.
14. Curso de Radipropagación SENID. Servicio Naval de Investigación y Desarrollo. Departamento de Propagación Electromagnetica. Setiembre 1999. Lic.Patricio Marco.Lic. José Luis Verdile.
15. Digital Modulation in Communications systems- an Introduction. Application Note 1298. Hewlett-Packard Company. Jul, 1997.
16. NTIA Report 99-368. Medium Frequency Propagation Prediction Techniques and Antenna Modeling for Intelligent Transportation Systems (ITS) Broadcast Applications.. Institute for Telecommunications Sciences, National Telecommunications and Information Administration, U.S. Departamente of commerce. October, 1998

17. NTIA Report 97-337. Field Strength Measurements of DGPS and FAA Beacons in the 285- to 325-kHz Band. J.R. Hoffman, J.J. Lemmon, R.L. Ketchum. U.S. Departmente of Commerce, June 1997
18. NTIA Report 98-346. DGPS Field Strength Measurements at a GWEN Site. J.R. Hoffman, J.J. Lemmon, R.L. Ketchum. U.S. Departamente of Commerce, March 1998
19. Recomendación 121 de la IALA "Estándares mínimos para el Rendimiento y Monitoreo de servicios DGNSS en la banda 283.5-325 Khz". January, 2002
20. International Telecommunications Union - Radiocommunications Bureau (ITU-R), "Technical Characteristics of Differential Transmissions For Global Navigation Satellite Systems (GNSS) from Maritime Radio Beacons in the Frequency Band 283.5-315 kHz in Region 1 and 285-325 kHz in Regions 2 and 3" Recommendation M.823, Geneva 1997.
21. International Electrotechnical Commission (IEC), 61108-1 "Global navigation satellite systems (GNSS), Part 1: Global positioning system (GPS) ' Receiver equipment ' Performance standards, methods of testing and required results." 1996-06;
22. CCIR "Groundwave Propagation Curves for the frequencies between 10kHz and 30MHz".ITU-R P.368-7 Geneva.
23. CCIR, "World Atlas of Ground Conductivities," ITU-P.832-1 Geneva.
24. CCIR "Prediction of Skywave field strength at frequencies between about 150 and 1 700kHz." ITU-R P.1147 Geneva.
25. ITU. "Radio Noise", ITU-R P.372-6, Geneva.
26. RTCM Recommended Standars for Differential DGNSS (Global Navigatio Satellite Systems) Service. Versión 2.2. Developed by RTCM Special Committee N°. 104. January 15, 1998
27. Manuales de Instalación y Operación de Equipos Leica: a) MX - 50M Beacon Modulator; b) MX 9400N Navigator; c) MX 9400R Reference Station; d) MX 50R DGPS Beacon Receiver, y Folletos Técnicos de Equipos NAUTEL.
28. Paper "Radiobeacon DGNSS Coverage Planning -a National Case Study". Gwyn Roberts, Alan Grant, David Last. IEEE-MTS Oceans 2001 Conference, Honolulu.