

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Contenido	3
1.2. Resumen del estudio y conclusiones generales.....	4
 2. DINÁMICA LITORAL GENERAL.....	 8
2.1. Características generales	8
2.2. Caracterización de las corrientes marinas.....	8
2.3. Campañas de campo.....	9
2.3.1. Corrientes en la Región Canaria	9
2.3.2. Corrientes Locales.....	11
2.3.3. Equipos utilizados.....	12
2.3.3.1. Introducción a los perfiladores Doppler	12
2.3.3.2. Correntímetro perfilador Doppler Nortek AWAC.....	14
2.3.3.3. Correntímetro perfilador Doppler Nortek Aquadopp.....	14
2.3.3.4. Anemómetro Davis Weather Envoy / Vantage Pro.....	15
2.3.4. Campañas de toma de datos.....	17
2.3.4.1. Fondeo de perfiladores.....	17
2.3.4.2. Fondeo en Tazacorte en marzo de 2004.....	19
2.3.4.3. Fondeo en Puerto Espíndola en marzo de 2004.....	20
2.3.4.4. Fondeo en Tazacorte en septiembre de 2004.....	22
2.3.4.5. Fondeo en Puerto Espíndola en septiembre de 2004	23
2.3.4.6. Incidencias.....	23
2.3.4.7. Oleaje	24
2.3.5. Resultados obtenidos	29
2.3.5.1. Resultados obtenidos en Tazacorte en febrero-marzo de 2004.....	29
2.3.5.2. Resultados obtenidos en Puerto Espíndola en febrero-marzo de 2004.....	32
2.3.5.3. Resultados obtenidos en Tazacorte en septiembre-octubre de 2004.....	34
2.3.5.4. Resultados obtenidos en Puerto Espíndola en septiembre-octubre de 2004.....	36
2.3.5.5. Gráficas Tazacorte febrero-marzo de 2004.....	39
2.3.5.6. Gráficas Puerto Espíndola febrero-marzo de 2004	49
2.3.5.7. Gráficas Tazacorte septiembre-octubre de 2004	59
2.3.5.8. Gráficas Puerto Espíndola septiembre-octubre de 2004.....	68
2.3.6. Conclusiones sobre la toma de datos de corriente.....	73
2.4. Modelización hidrodinámica.....	73
2.4.1. Modelo empleado	73
2.4.2. Condiciones de borde.....	73
2.4.2.1. Calibración del modelo	76
2.4.2.2. Resultados.....	77
2.4.3. Conclusiones	82
2.5. Estudio regional de la dinámica litoral	87
2.5.1. Transporte sólido potencial regional.....	87
2.5.2. Conclusiones	108
2.6. Estudio detallado de la dinámica litoral	109
2.6.1. Introducción	109
2.6.2. Estrategia de modelación	109
2.6.3. Propagación de oleaje	110

2.6.3.1. Selección de los eventos representativos de oleaje.....	110
2.6.3.2. Propagación de oleaje en la zona de interés.....	112
2.6.4. Análisis hidrodinámico	116
2.6.5. Transporte sólido	118
2.6.6. Conclusiones	121
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LAS PLAYAS.....	122
3.1. Introducción	122
3.2. Caracterización del clima marítimo	124
3.2.1. Ubicación de la zona y fuentes de datos	124
3.2.2. Sobre los puntos WANA	126
3.2.3. Datos obtenidos en los puntos de la red WANA.....	127
3.2.3.1. Punto Wana 1008016	128
3.2.3.2. Punto Wana 1008014	130
3.2.3.3. Punto Wana 1009013	132
3.2.3.4. Punto Wana 1010015	134
3.2.4. Regímenes medios de oleaje	136
3.2.4.1. Punto Wana 1008016	137
3.2.4.2. Punto Wana 1008014	147
3.2.4.3. Punto Wana 1009013	157
3.2.4.4. Punto Wana 1010015	168
3.2.5. Regímenes medios de viento	178
3.2.6. Punto Wana 1008016	178
3.2.6.1. Regímenes escalares	178
3.2.6.2. Punto Wana 1008014	196
3.2.6.3. Punto Wana 1009013	213
3.2.6.4. Punto Wana 1010015	231
3.2.7. Referencias.....	250
3.2.7.1. El modelo WAM	250
3.2.8. Referencias científicas.....	251
3.3. Clasificación de las playas	253
3.3.1. Longitud	253
3.3.2. Anchura media.....	257
3.3.3. Tipo y tamaño de árido	260
3.3.4. Exposición al oleaje	264
3.3.5. Estado evolutivo	267
3.3.6. Pendiente de la zona intermareal	269
3.4. Base de datos	271
3.4.1. Introducción	271
3.4.1.1. Estructura de la base de datos	276
3.4.1.2. Estructura de las tablas	280
3.4.1.3. Organización de los archivos de datos.....	282
3.4.1.4. Información que contiene la base de datos	283

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contenido

El presente volumen contiene los resultados de los trabajos ejecutados con objeto de caracterizar la dinámica litoral general reinante en el litoral de la isla de La Palma.

Los trabajos se dividen en dos grupos. El primero de ellos se refiere a las campañas de toma de datos de corrientes y vientos, así como al estudio de la dinámica litoral, y el segundo, al análisis de la situación de las playas.

Se han realizado dos campañas de toma de datos de corrientes mediante correntímetros autónomos basados en efecto Doppler, que permiten obtener datos vectoriales de corriente en su vertical. Las campañas fueron simultáneas a la toma de datos de viento en localizaciones próximas. Los resultados obtenidos han servido de base para la calibración del modelo hidrodinámico empleado para la modelización matemática de las corrientes inducidas por la marea y el viento. Todo ello se recoge en el apartado 2 (Dinámica litoral general).

En el apartado 3 (Análisis de la situación de las playas) se recogen los resultados de los estudios realizados. Se ha obtenido la información existente sobre las playas de la isla, y a tal efecto, se realizó una campaña de toma de datos de las playas, incluyendo muestras de sedimentos en aquellas playas compuestas por arena o grava y se recabó información de la Dirección General de Costas y del Servicio de Costas de Tenerife al respecto de batimetrías históricas y estudios realizados en la isla, encontrándose un volumen de información histórica reducido.

Se intentaron ajustar perfiles teóricos (Dean y biparabólico) al perfil transversal de las playas compuestas por arenas, encontrándose unos ajustes en general poco satisfactorios.

Los datos encontrados se han introducido en una base de datos de información de playas, que a su vez es aportada al Sistema de Información Geográfica. A partir de la información contenida en la base de datos, se ha realizado una clasificación de playas en base a sus características principales.

1.2. Resumen del estudio y conclusiones generales

En la parte Noroccidental del archipiélago de las Islas Canarias, se encuentra la isla de la Palma, también conocida como la Isla Bonita o Isla Verde, por sus exuberantes bosques y extraordinarias bellezas naturales.

Tiene una superficie de 706 kilómetros cuadrados y una población de 80.000 habitantes, repartidos en 14 municipios.

Se dan en esta isla unas alturas considerables para un perímetro tan corto. Su altura máxima es el Roque de los Muchachos con 2.426 m., aunque toda la cordillera central de la isla sobrepasa los 2.000 metros.

La distancia desde Tenerife es de 85 kilómetros, mientras que desde la Península (Cádiz) es de 1.440 kilómetros. Como el resto de las Canarias y demás archipiélagos que forman la Macaronesia, es de origen volcánico, distinguiéndose de todas las demás por el verdor de sus montes y la abundancia de agua, siendo La Palma la única isla canaria que tiene arroyos o pequeños ríos.

La situación del archipiélago Canario, en la zona subtropical, y los parámetros oceanográficos fisicoquímicos de sus aguas, salinidad, temperatura, difieren de los que les correspondería por su latitud, debido a la corriente general de Canarias y al *upwelling* que se produce en la cercana costa africana.

Según la teoría de *Ekman*, los vientos Alisios mueven en superficie perpendicularmente a su dirección y hacia mar abierto aguas que proceden de profundidades hasta 250 m ricas en nutrientes, baja salinidad, e influyendo en la temperatura del mar con una media en torno a los 22°C.

La corriente de Canarias, con pequeñas variaciones, tiene una dirección general SSW, aunque puede ser muy variable en las proximidades de las Islas.

El litoral de La Palma es mayoritariamente rocoso, compuesto por acantilados en la zona norte y costa baja rocosa en la zona sur. Las lavas volcánicas, que llegan hasta primera línea de mar, han provocado la creación de un litoral rocoso, con pequeñas calas encajonadas entre acantilados. La longitud total de playas en el litoral de la isla, cualquiera

que sea el tipo de árido que las forma, es de unos 10.300 m, lo que supone aproximadamente un 6.7 % de la longitud total de su litoral.

En general, el balance sedimentario no ha sufrido grandes variaciones debido a la acción humana; existen únicamente tres puertos (Santa Cruz, Tazacorte y Espíndola), de dimensiones reducidas los dos segundos que no producen grandes interferencias en la dinámica litoral debido a la particular configuración de la costa. Por otra parte, los barrancos no tienen obras de regulación que produzcan una gran retención de sedimentos, por lo que su capacidad de aportación se puede considerar íntegra. La otra gran fuente de aporte, la que procede del retroceso de los acantilados, sigue manteniéndose prácticamente intacta. Son por tanto, las condiciones climáticas las que en gran medida determinan el aporte a la dinámica litoral.

El modelado litoral es muy intenso, aunque en algunas zonas las erupciones hayan interferido con éste. Las costas aparecen definidas por grandes acantilados labrados sobre antiguos macizos y playas (menos numerosas) que suelen disponerse en la desembocadura de los barrancos y al pie de los acantilados.

La dinámica litoral está condicionada por un oleaje muy energético actuando sobre un litoral con una plataforma muy escasa, que motiva que la mayor parte de las playas estén aisladas en general y encajadas en los entrantes de la costa. En términos generales, la dinámica litoral discurre de norte a sur; las playas más expuestas se encuentran apoyadas en salientes en su extremo meridional. La granulometría es en general gruesa, abundando las playas formadas por bolos y callaos.

El estudio de la dinámica litoral se centra principalmente en el análisis de las corrientes marinas. A partir de las campañas de mediciones y la modelización numérica fue posible caracterizar las corrientes marinas en torno a la Isla de la Palma. Las corrientes presentan un patrón característico durante mareas vaciantes y llenantes, donde en periodos de marea vaciante las corrientes se aproximan a la isla por el sector noreste, bifurcándose por ambos lados de la isla y encontrándose en el sector suroeste. Durante mareas llenantes ocurre algo similar, pero en dirección opuesta, es decir, la corriente se aproxima a la isla por el sector suroeste y se encuentra nuevamente en el sector noreste. Con la presencia de los vientos alisios, dominantes en la zona, la situación de aproximación por el sector noreste

predomina, por lo que es la situación más común. Las velocidades características se encuentran en torno a 0,2 m/s, aunque en zonas localizadas, como lo es Fuencaliente o la zona comprendida por Punta Gorda y Garafia pueden encontrarse velocidades en torno a 0,8 m/s.

Con respecto a la corriente de transporte sólido longitudinal neto, la isla presenta pocas zonas en las cuales manifieste una cierta relevancia (a pesar de la gran energía que el oleaje es capaz de disipar, y cuya importancia se manifiesta en las formulaciones empíricas que no tienen en cuenta las peculiaridades del tramo de costa objeto de análisis), debido no tanto a la falta de material disponible (procedente en general de la descomposición de los acantilados y de los pequeños cursos de agua) como a la inexistencia en la mayor parte de la costa de una plataforma suficiente donde ésta se pueda desarrollar. Existen playas localizadas, generalmente aisladas, en las cuales resulta de interés el estudio del transporte sólido, y más aún la determinación de la alineación de transporte nulo, para lo cual es imprescindible conocer las pautas de propagación del oleaje a nivel local, encaminadas al establecimiento de los tensores de radiación, y más concretamente a su gradiente, provocado por los fenómenos de rotura y culpable de la generación de corrientes. De manera general el transporte sólido esta caracterizado por un alto potencial de transporte y una dirección sur en torno a la isla.

Se ha considerado playa cualquier formación compuesta de material granular suelto, lo que ha llevado a incluir en ellas, aparte de las consideradas tales por el catálogo de la Dirección General de Costas, a otras formaciones, muchas de ellas con difícil acceso por tierra o únicamente por mar, compuestas de granulometrías muy gruesas, incluso bolos y callaos; en estas últimas no se han obtenido muestras granulométricas por no ser realmente posible.

Las playas de la isla siguen en general la pauta del tipo de costa en que se ven emplazadas. Son formaciones por lo general muy encajadas y sometidas a una fuerte pendiente en sus proximidades. La dirección general del transporte sólido longitudinal hace que en su mayoría las que presentan menos abrigo se encuentren apoyadas en su límite meridional. Las consideraciones respecto al balance sedimentario anteriormente expuestas, unidas a la particular configuración de la costa, hacen que la mayor parte de las playas naturales se encuentren en un estado próximo al de equilibrio.

En términos generales, los perfiles teóricos no ajustan bien, salvo en las playas más abiertas (como por ejemplo, Nogales), fallando los ajustes teóricos comunes.

Las medidas de correntímetro reflejan una muy baja influencia del viento local en las corrientes. Tan sólo durante esporádicos episodios de fuertes vientos se registraron alteraciones del patrón general de la columna de agua en los primeros 3 metros superficiales. Se observaron mayores valores de velocidad de corriente durante los periodos de mareas vivas y, por lo general, las corrientes de componente sur tuvieron valores superiores a las de componente norte.

Se observó también un acople entre la fase de marea (llenante / vaciante) y la dirección de la corriente, así como entre la fase lunar (mareas vivas / mareas muertas) y la intensidad de la corriente.

En la costa oeste (Tazacorte) se observó que en la zona infralitoral (20m) se producían inversiones del sentido de la corriente a media carrera de marea. Durante el mes de marzo estas inversiones tenían lugar en el eje N-S, mientras que en septiembre lo hacían en el eje NW-SE. Los senos de pleamar registraron en la inmensa mayoría de los casos corrientes de componente sur, mientras que los senos de bajamar se caracterizaron por corrientes de componente norte. Las máximas velocidades se alcanzaron en los repuntes de marea.

En la costa este (Puerto Espíndola) se observó que en la zona infralitoral (20m) se producían nuevamente inversiones del sentido de la corriente a media carrera de marea. En los registros más claros, se observaron inversiones de corriente en el eje ENE-WSW. En esta localización, durante los senos de pleamar se observaron corrientes de componente oeste, mientras que en los senos de bajamar se registraron corrientes de componente este. Las corrientes registradas mostraron intensidades más bajas que en Tazacorte.

Las inversiones de corriente observadas se deben a la interacción entre el relieve de la isla, la topografía dinámica generada por el paso de las ondas de marea y la Corriente General de Canarias.

Finalmente cabe destacar que los resultados de las modelizaciones numéricas realizadas para todo el litoral de la isla se ajustan muy bien a las medidas registradas en Tazacorte y Puerto Espíndola.

2. DINÁMICA LITORAL GENERAL

2.1. Características generales

Los trabajos que se presentan en esta sección recogen los resultados de las campañas de toma de datos y procesos ejecutados en gabinete encaminados a definir la hidrodinámica y dinámica litoral en torno a la Isla.

Por un lado se han definido de manera puntual las corrientes marinas en base a las mediciones realizadas, para después calibrar un modelo numérico orientado a caracterizar de manera general las corrientes marinas alrededor de la Isla.

Por otro lado, se han realizado estudios de la dinámica litoral a nivel regional para toda la isla y a nivel local para aquellas playas en donde este tipo de estudios se ha considerado relevante.

2.2. Caracterización de las corrientes marinas

Este apartado recoge los estudios de corrientes. Incluyen campañas de toma de datos de corrientes y vientos, así como la modelización matemática de las corrientes marinas. A continuación se describen brevemente los trabajos:

- ❑ En primer lugar se han realizado campañas de mediciones en dos localizaciones distintas: Tazacorte y Puerto Espíndola. En ambas se han realizado mediciones de corrientes, vientos y niveles del mar (estos últimos recogidos en el capítulo correspondiente a la determinación del cero hidrográfico). Su objetivo fue establecer los patrones de corrientes en la zona, así como la relación con los vientos presentes en la zona y las mareas.
- ❑ En segundo lugar, se ha realizado un estudio de modelización hidrodinámica, en el cual se caracterizan los patrones de corrientes. Para realizar este estudio fue necesario contar con la información de las campañas de campo a fin de poder calibrar los modelos hidrodinámicos de forma previa.

Si bien la existencia de una corriente de componente norte en las islas se encuentra documentada desde hace siglos, es recientemente cuando una serie de estudios han aportado información detallada sobre la misma. La Corriente de Canarias fluye a lo largo de la costa africana de norte a sur entre los paralelos 30°N y 10°N extendiéndose su influencia hasta el meridiano 20°W aproximadamente (Fedoseey, 1970).

Se trata de una corriente lenta (0.1 m/s – 0.3 m/s) y amplia, de más de 1000 km de ancho, que fluye a lo largo de todo el año hacia el ecuador (Wooster et al., 1976; Batten et al., 2000), cuyas aguas superficiales son relativamente frías teniendo en cuenta la latitud en la que se localiza el Archipiélago. Este enfriamiento de las aguas es debido a la presencia de agua profunda fría y rica en nutrientes aflorada en la costa africana (Mittelstaedt, 1991). En el Archipiélago Canario se alcanzan profundidades abisales de hasta 3000 m, formando así un obstáculo en el transcurso de la Corriente de Canarias (Barton et al., 2000), que fluye entre la superficie y los 500 m de profundidad. El efecto barrera producido por las islas provoca una aceleración de la Corriente entre las islas, pudiendo superar los 0.6 m/s, y la aparición de remolinos. El sistema de la Corriente de Canarias contiene afloramientos costeros (upwelling), filamentos y vórtices (eddies) (Johnson & Stevens, 2000).

Una parte de la Corriente de Las Azores confluye con la Corriente de Canarias a lo largo del talud continental entre Madeira y las Islas Canarias (Zhou et al., 2000). Por otro lado, algunos autores concluyen que la Corriente de Portugal es parte de la Corriente de Canarias (Batten et al., 2000), mientras que otros afirman que la Corriente de Portugal penetra en el Mediterráneo y no realiza aportes a la Corriente de Canarias (Stramma 1984).

Durante el invierno los vientos Alisios alcanzan su máximo, al igual que la Corriente de Canarias, que alcanza hasta 0.75 m/s en su paso por el Archipiélago. La corriente se mueve paralelamente a la costa continental formando giros ciclónicos en la plataforma a lo largo de su transcurso. Al alcanzar la latitud 15°N la Corriente Canaria se divide y fluye hacia el este y el oeste bajo la influencia de la Contracorriente Ecuatorial (ECC) y la Corriente Norecuatorial (NEC) respectivamente.

Durante la primavera la Corriente de Canarias pierde fuerza al igual que los vientos Alisios, mientras que la NEC se intensifica, formándose giros anticiclónicos al oeste de la Corriente de Canarias.

Durante el verano los vientos Alisios pierden todavía más intensidad, reduciéndose la entrada de agua a la Corriente de Canarias desde el norte; separándose de la costa continental africana y desapareciendo los giros ciclónicos en plataforma.

Algunos autores (Stramma & Siedler 1988) aportan descripciones contradictorias de la Corriente de Canarias, afirmando que es débil y variable (2.8 sverdrups, 1 sverdrup = $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) durante el invierno e intensa (6 sverdrups) durante el verano (Molina & Laatzén 1986). Asimismo, durante campañas oceanográficas realizadas en Noviembre-Diciembre 1984, Abril-Mayo 1985 y Septiembre-October 1985 se registraron flujos de componente Norte.

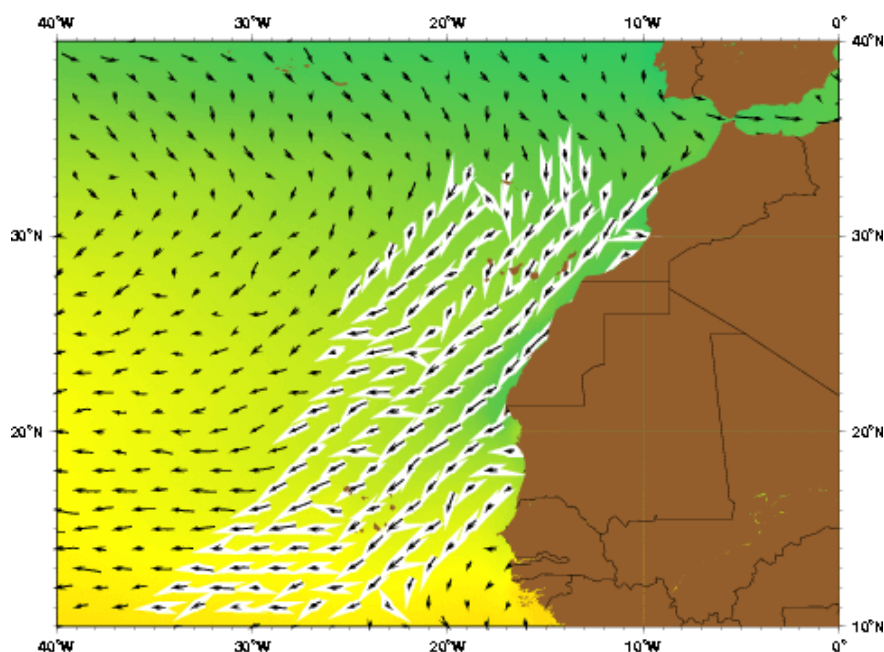


Figura 2 .- Representación basada en modelo de la Corriente de Canarias, la componente SW del flujo del giro subtropical del Atlántico Norte (Mariano, 2001)

2.3.2. Corrientes Locales

Por efecto de la orografía del Archipiélago, que asciende desde las profundidades abisales hasta las grandes cumbres de islas como Tenerife, Gran Canaria y La Palma, se forman barreras al flujo de la Corriente de Canarias y a los vientos Alisios. Es así como se crean las condiciones para que a sotavento de las islas se establezcan zonas de calmas, menos batidas por los vientos del NE y con menores tasas de mezcla con la masa de agua desplazada por la Corriente de Canarias.

Otra consecuencia del encuentro de la Corriente de Canarias con las islas es la formación de vórtices y remolinos ciclónicos y anticiclónicos, al oeste y al este de las islas respectivamente.

Durante diferentes campañas oceanográficas llevadas a cabo en la zona se ha observado la existencia de un remolino ciclónico en el canal Tenerife-Gomera, que puede considerarse permanente. En el resto de las zonas estudiadas la escasez de datos y la variabilidad de los mismos no permite establecer conclusiones definitivas.

En aguas someras cercanas a las islas la corriente depende mucho del desarrollo de la costa, de su contorno y orientación. En cualquier caso, no existe un conocimiento detallado de las corrientes locales en el Archipiélago y de sus variaciones estacionales.

2.3.3. Equipos utilizados

En el presente epígrafe se detallan las características de los equipos utilizados durante la toma de datos y la base teórica de su funcionamiento.

2.3.3.1. Introducción a los perfiladores Doppler

Para la realización de las campañas de medida se utilizaron sendos perfiladores Doppler (acoustic Doppler current profilers, ADCP).

Los ADCP miden la velocidad del agua utilizando el principio físico del Efecto Doppler. Si una fuente de sonido tiene un movimiento relativo con respecto al receptor, la frecuencia que aprecia el receptor se encuentra desplazada con respecto a la frecuencia de emisión. Así, los ADCP observan las reflexiones del sonido producidas por las partículas en el agua, de forma que los cambios en la frecuencia del impulso acústico son proporcionales a la velocidad del agua.

Los cambios de frecuencia se calculan según la siguiente ecuación:

$$\omega_{doppler} = -2\omega_{emisor} \frac{\vec{v}}{c}$$

$\omega_{doppler}$ = cambio de frecuencia en el receptor

ω_{emisor} = frecuencia de emisión

$\vec{v}$ = velocidad relativa de las partículas

c = velocidad del sonido en el agua

En los equipos utilizados, el mismo transductor es utilizado como emisor y receptor simultáneamente. El ADCP emite un pulso a una frecuencia conocida en un haz estrecho. Durante su transmisión a través de la columna de agua, la materia particulada (sedimento, organismos, burbujas, etc.) refleja y dispersa el sonido en todas direcciones. El desplazamiento Doppler medido por cada uno de los tres transductores del equipo refleja la velocidad del agua a lo largo del eje del haz acústico.

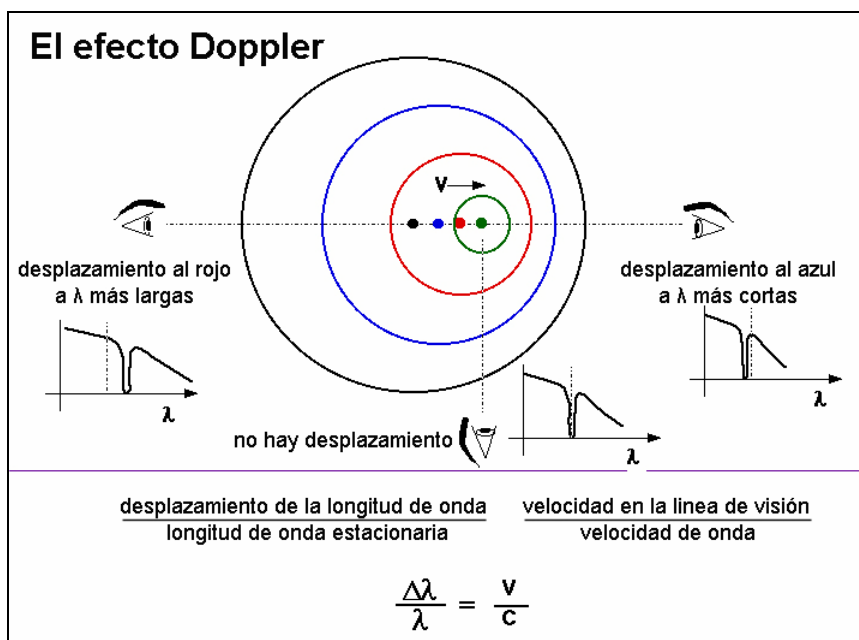
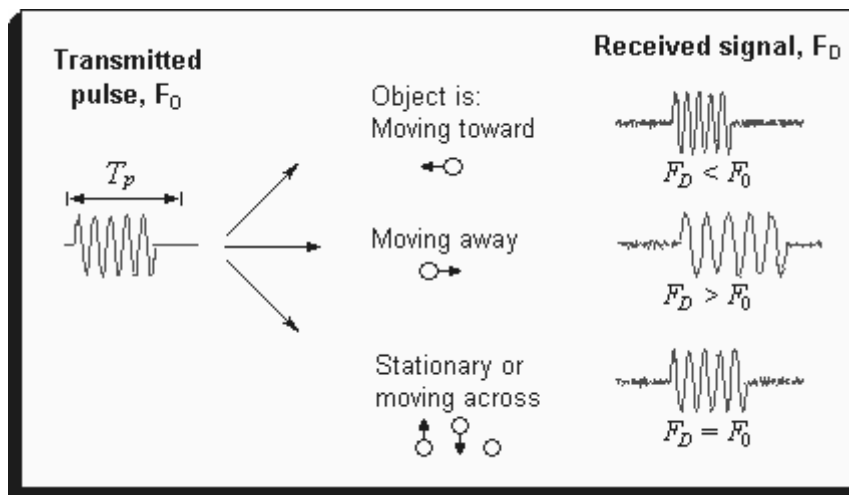


Figura 3.- Efecto Doppler (Son Tek, 2000 y adaptado de Iowa State University)

Midiendo la señal de retorno en diferentes tiempos, el ADCP es capaz de medir la velocidad del agua a diferentes distancias del transductor, es decir, en diferentes niveles de la columna de agua.

2.3.3.2. Correntímetro perfilador Doppler Nortek AWAC

El ADCP AWAC de Nortek es un perfilador Doppler de corrientes con cuatro transductores que funcionan a 1 MHz. El rango de alcance del AWAC es de 25 m a 30 m, dependiendo de las condiciones locales, con una resolución máxima de celdas de 0.4 m.

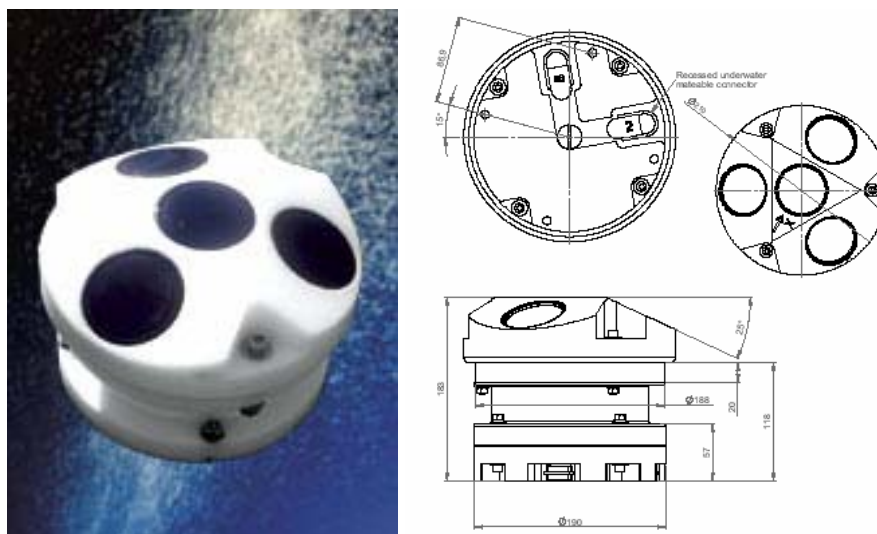


Figura 4 .- ADCP Nortek AWAC

La precisión del equipo se sitúa en un 1 % del valor medido (± 0.5 cm/s), con incertidumbres típicas de 0.5 cm/s a 1.0 cm/s.

El equipo incorpora un compás, un clinómetro, un sensor de presión y un termómetro. Esto permite que el equipo trabaje de forma autónoma aplicando automáticamente todas las correcciones necesarias de posición y velocidad de transmisión del sonido en el agua. El equipo tiene la capacidad de compensar inclinaciones de hasta 30° y registrar la presión con una precisión de 0.5 %.

2.3.3.3. Correntímetro perfilador Doppler Nortek Aquadopp

El ADCP Aquadopp de Nortek es un perfilador Doppler de corrientes con tres transductores que funcionan a 600 kHz. El rango de alcance del Aquadopp es de 12 m a 25 m, dependiendo de las condiciones locales, con una resolución máxima de celdas de 0.25 m.

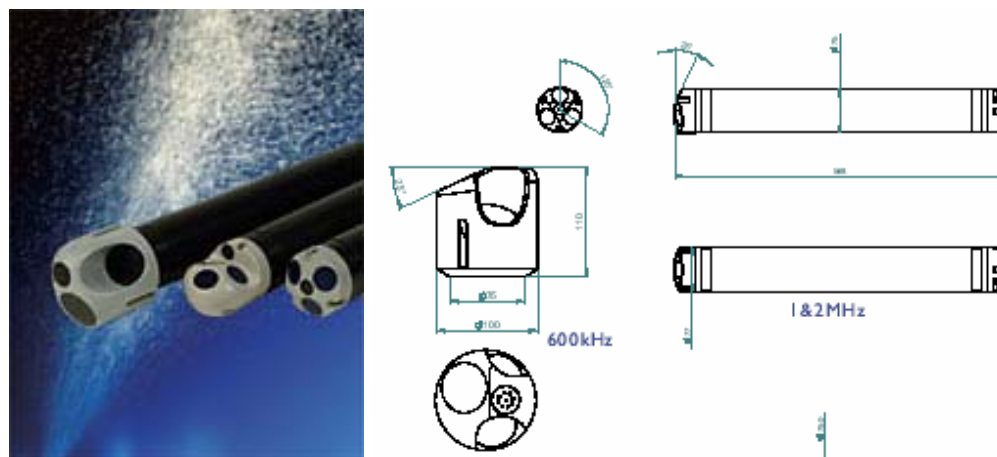


Figura 5 .- ADCP Nortek Aquadopp

La precisión del equipo se sitúa en un 1 % del valor medido (± 0.5 cm/s), con incertidumbres típicas de 0.5 cm/s a 1.0 cm/s.

El equipo incorpora un compás, un clinómetro, un sensor de presión y un termómetro. Esto permite que el equipo trabaje de forma autónoma aplicando automáticamente todas las correcciones necesarias de posición y velocidad de transmisión del sonido en el agua. El equipo tiene la capacidad de compensar inclinaciones de hasta 30° y registrar la presión con una precisión de 0.25 %.

2.3.3.4. Anemómetro Davis Weather Envoy / Vantage Pro

Para el seguimiento de las condiciones locales de viento y presión barométrica se instalaron sendas estaciones meteorológicas en el lugar más próximo posible al fondeo.

Las estaciones utilizadas están compuestas por un anemómetro con veleta para el registro de la dirección y la intensidad del viento.



Figura 6 .- Anemómetro Davis Vantage Pro

El anemómetro se comunica con una estación transmisora alimentada por paneles solares que envía la señal a un receptor remoto.



Figura 7 - Estación transmisora Vantage Pro

El receptor remoto Weather Envoy recibe la señal del anemómetro. El Weather Envoy incorpora un barómetro y sensores de temperatura y humedad internos.



Figura 8 - Receptor remoto Weather Envoy

El Weather Envoy lleva acoplado un datalogger WeatherLink para el almacenamiento de datos y conexión al PC. Conectando la estación meteorológica a un PC, es posible configurar todos los parámetros, recuperar la información almacenada, elaborar estadísticas y visualizar las medidas en tiempo real.

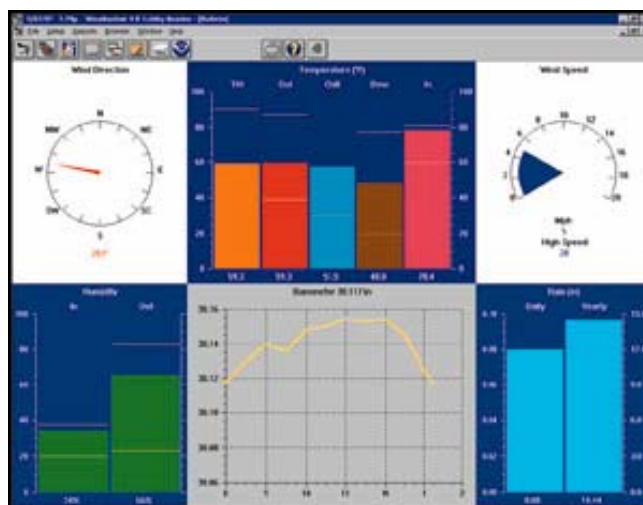


Figura 9 .- Control informático de la estación meteorológica

2.3.4. Campañas de toma de datos

Se realizaron dos campañas en La Palma. En cada campaña se fondearon dos equipos y se colocaron dos estaciones meteorológicas.

Se consideró y consensuó con la Dirección de la Asistencia Técnica la colocación simultánea de dos equipos, uno en la costa este y otro en la costa oeste en distintas estaciones del año.

Por motivos de operatividad se eligieron las proximidades de los puertos de Tazacorte y Puerto Espíndola como lugares idóneos para el fondeo de los correntímetros.

Los lugares de fondeo se eligieron basándose en la información sobre el tipo de fondo y batimetría contenida en el Estudio Geofísico Marino en las Costas de La Palma, Hierro y Gomera (Intecsa, Febrero 1994) para la Dirección General de Costas.

2.3.4.1. Fondeo de perfiladores

En la primera fase de la operación de fondeo se desplaza, con la ayuda de una embarcación y un globo elevador, un muerto de hormigón hasta el lugar donde se van a tomar las medidas de corriente.

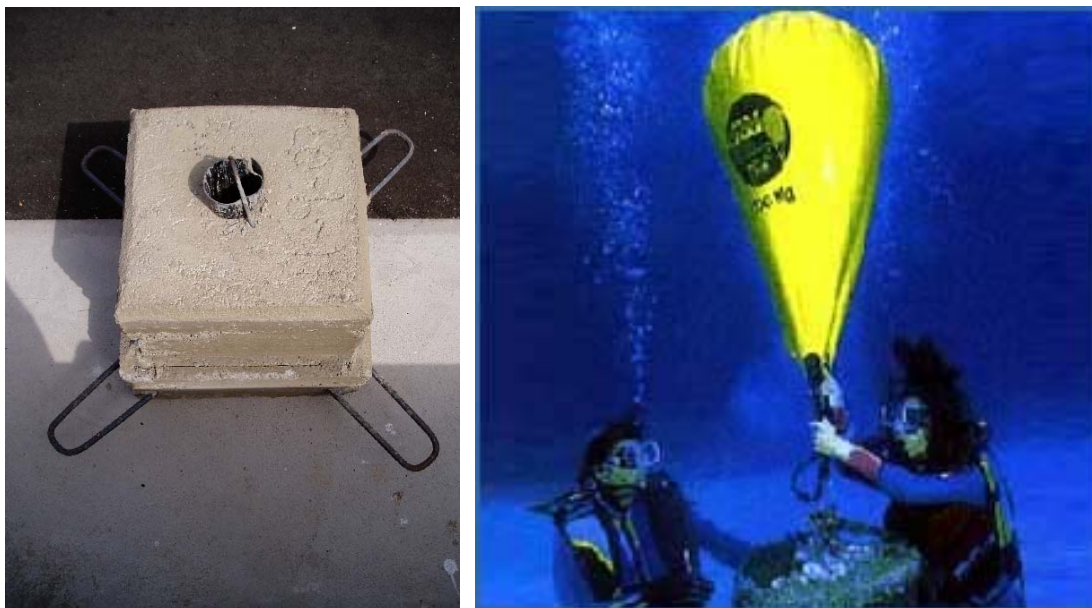


Figura 10 .-Muerto y globo elevador utilizado para el manejo de los muertos de hormigón

En la segunda fase de fondeo, una vez que el muerto de hormigón se encuentra fondeado, se fija el perfilador y la batería al mismo.



Figura 11 .- Fijación de la batería y los transductores del perfilador Doppler al muerto de hormigón

El proceso de recuperación de los equipos se desarrollaría de forma inversa con el mismo procedimiento.

2.3.4.2. Fondeo en Tazacorte en marzo de 2004

Con fecha 22 de febrero de 2004 se fondeó frente a la Playa de Tazacorte a 18.5 m BMVE de profundidad un perfilador Doppler modelo Nortek AWAC. El perfilador se recuperó con éxito el 10 marzo 2004.



Figura 12 .- Localización del correntímetro y el anemómetro en Tazacorte (febrero-marzo 2004)

El lugar de fondeo fue elegido por diversas causas operativas:

- Proximidad de un puerto, disponibilidad de embarcaciones, servicios y movilización rápida en caso de emergencia
- Batimetría suave con fondos arenosos y profundidades en torno a los 20 m
- Proximidad de playas de interés turístico
- Lugar favorable para realizar la validación y calibración de los modelos numéricos utilizados.



Figura 13 .- Perfilador Doppler Nortek AWAC fondeado frente a la Playa de Tazacorte

Simultáneamente se instaló un Anemómetro Davis en la Capitanía del Puerto de Tazacorte.



Figura 14 .- Aneómetro Davis instalado en la Capitanía del Puerto de Tazacorte

2.3.4.3. Fondeo en Puerto Espíndola en marzo de 2004

Con fecha 23 de febrero de 2004 se fondeó frente a Puerto Espíndola a 20.5 m BMVE de profundidad un perfilador Doppler modelo Nortek Aquadopp. El perfilador se recuperó con éxito el 9 marzo 2004.



Figura 15 .- Localización del correntímetro y el anemómetro en Puerto Espíndola (febrero-marzo 2004)

El lugar de fondeo fue elegido por diversas causas operativas:

- Proximidad de un puerto, disponibilidad de embarcaciones, servicios y movilización rápida en caso de emergencia
- Batimetría relativamente suave con fondos arenosos y profundidades entorno a los 20 m
- Proximidad de zonas de fondeo de artes de pesca

Lugar favorable para realizar la validación y calibración de los modelos numéricos utilizados.

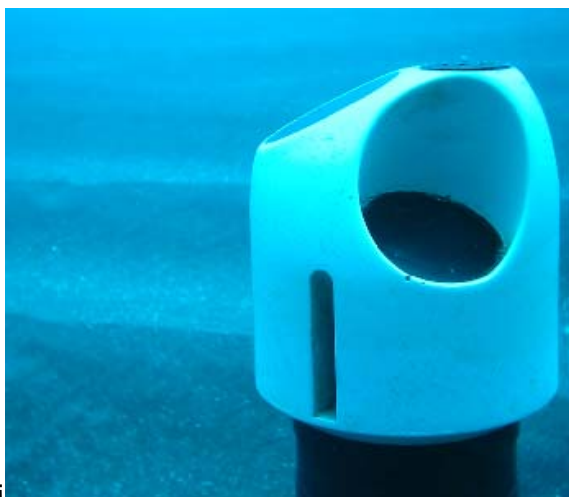


Figura 16 .- Perfilador Doppler Nortek Aquadopp fondeado frente a Puerto Espíndola

Simultáneamente se instaló un Anemómetro Davis en la villa de San Andrés, en un lugar muy próximo a la costa.



Figura 17 .- Aneómetro Davis instalado en San Andrés

2.3.4.4. Fondeo en Tzacorte en septiembre de 2004

Con fecha 14 de septiembre de 2004 se fondeó frente a la Playa de Tzacorte a 18.5 m BMVE de profundidad un perfilador Doppler modelo Nortek AWAC. El perfilador se recuperó con éxito el 8 de octubre 2004.

El correntímetro se fondeó en el mismo lugar que en la anterior campaña. El anemómetro se situó en el mismo lugar que en la anterior campaña.

2.3.4.5. Fondeo en Puerto Espíndola en septiembre de 2004

Con fecha 15 de septiembre de 2004 se fondeó frente a Puerto Espíndola a 16.5 m BMVE de profundidad un perfilador Doppler modelo Nortek Aquadopp. El perfilador se recuperó con éxito el 7 de octubre 2004.

El correntímetro se fondeó en distinta posición al de la anterior campaña (ver epígrafe 2.3.5). El anemómetro se situó en el mismo lugar que en la anterior campaña.



Figura 18 .- Localización del correntímetro y el anemómetro en Puerto Espíndola (septiembre-octubre 2004)

2.3.4.6. Incidencias

Durante las dos campañas realizadas en febrero-marzo y septiembre-octubre de 2004 se registraron una serie de incidencias. Éstas no han supuesto ningún contratiempo para la

correcta calibración de los modelos, ya que la cantidad y calidad de los datos recogidos es suficiente para los propósitos perseguidos.

Al comienzo de la campaña realizada en Tzacorte en febrero-marzo 2004 se registró un fuerte temporal en la zona. A consecuencia de éste, el correntímetro sufrió un giro con respecto a su posición inicial, escorándose unos 25°. Dado que el AWAC es capaz de registrar y compensar automáticamente inclinaciones de hasta 30°, el escoramiento del equipo no supuso ningún contratiempo ni merma en la calidad de las medidas. Durante la misma campaña de toma de datos, el anemómetro sufrió un fallo en el módulo emisor durante los días 4 y 5 de marzo.

Durante la campaña realizada en Puerto Espíndola en febrero-marzo 2004 no se registro ningún evento significativo en la recogida de datos. Sin embargo, los datos no fueron demasiado significativos tal y como se comenta en el epígrafe 2.3.5, por lo que se decidió reubicar el correntímetro en la campaña posterior.

El anemómetro instalado en Tzacorte en septiembre-octubre 2004 registró numerosos fallos en su módulo emisor. No obstante, se obtuvieron datos suficientes para realizar la calibración del modelo numérico.

El correntímetro instalado en Puerto Espíndola en septiembre-octubre de 2004 registró mejores resultados que en la campaña anterior. Sin embargo, sólo se registraron cinco días de toma de datos ya que una red de pesca a la deriva cubrió accidentalmente los transductores, haciendo imposible la medición de las corrientes.

2.3.4.7. Oleaje

De acuerdo a lo exigido en el Pliego, se complementa la información sobre las corrientes con los datos de oleaje registrados durante los periodos de fondeo.

Los valores de dirección y altura del oleaje se han extraído de los puntos WANA más próximos a los puntos de fondeo.

Los datos procedentes de los puntos WANA son campos analizados del proceso de predicción diaria de oleaje, procedentes de las salidas del modelo de generación de oleaje

WAM. Estos datos son validados constantemente, por lo que se les admite una alta fiabilidad, en cualquier caso suficiente para confeccionar los regímenes medios de oleaje.

La malla utilizada es de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ en el Atlántico, con registros cada 6 horas.

Los parámetros que se obtienen en estos puntos son:

- Altura significativa
- Periodo medio
- Periodo de pico del espectro
- Dirección media de propagación del oleaje
- Altura de mar de viento y mar de fondo
- Dirección de mar de viento y mar de fondo

Se han utilizado los datos procedentes de los puntos WANA 1008014 y 1010015.

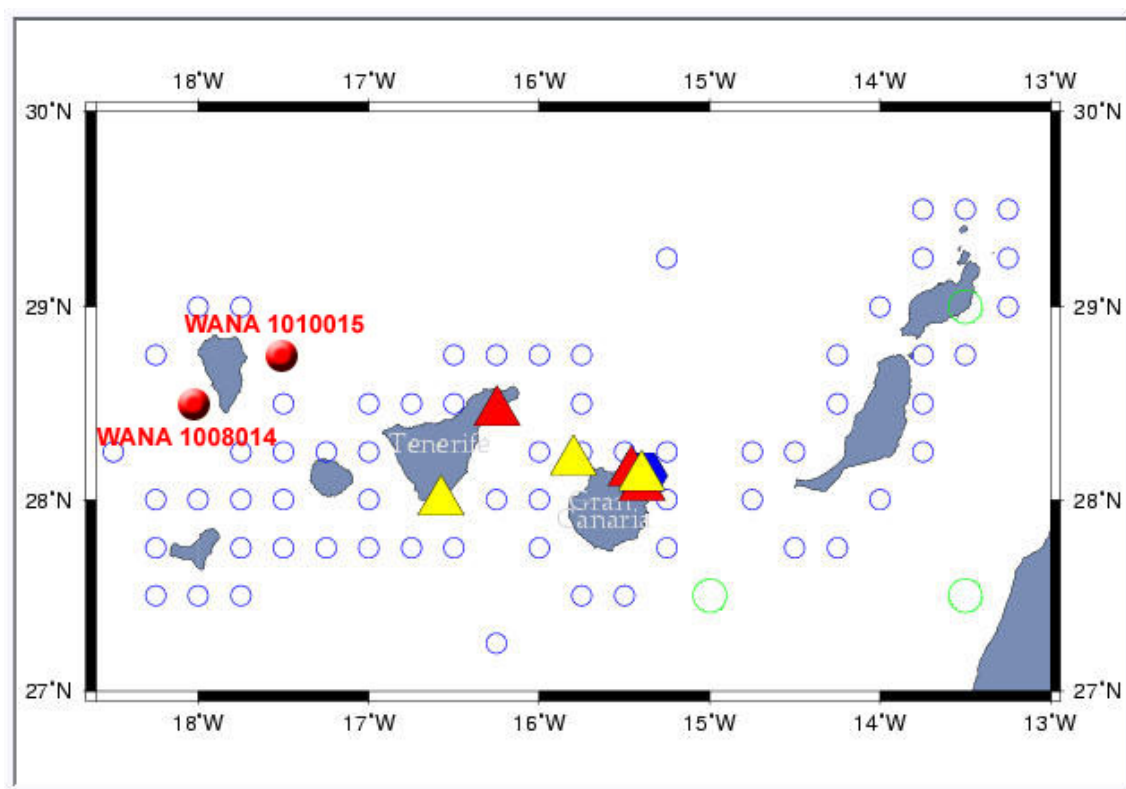


Figura 19 .- Ubicación de los puntos WANA utilizados

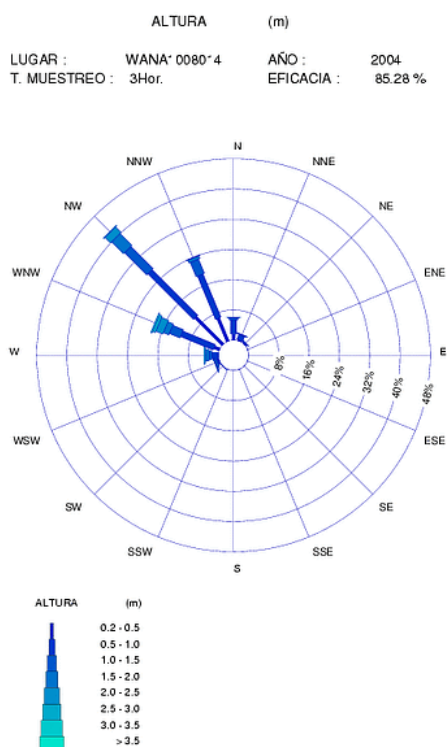


Figura 20 .- Rosa de oleaje para el punto WANA 1008014 en 2004

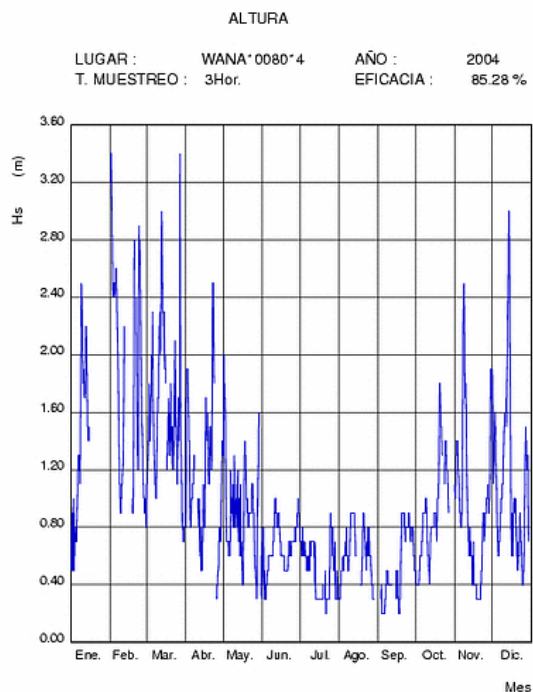


Figura 21 .- Serie temporal de altura de ola significativa para el punto WANA 1008014 en 2004

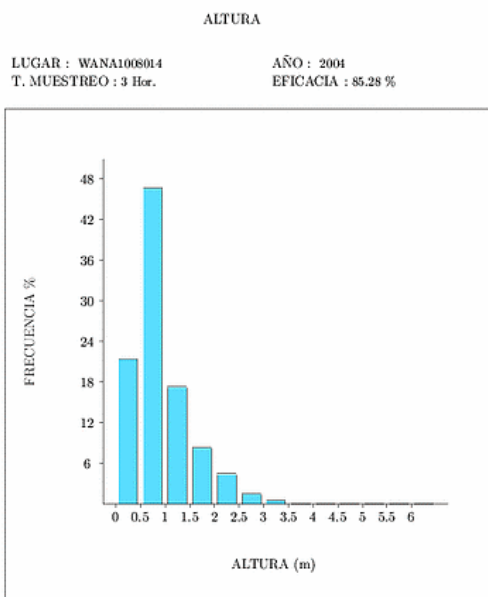


Figura 22 .- Histograma de altura de ola significativa para el punto WANA 1008014 en 2004

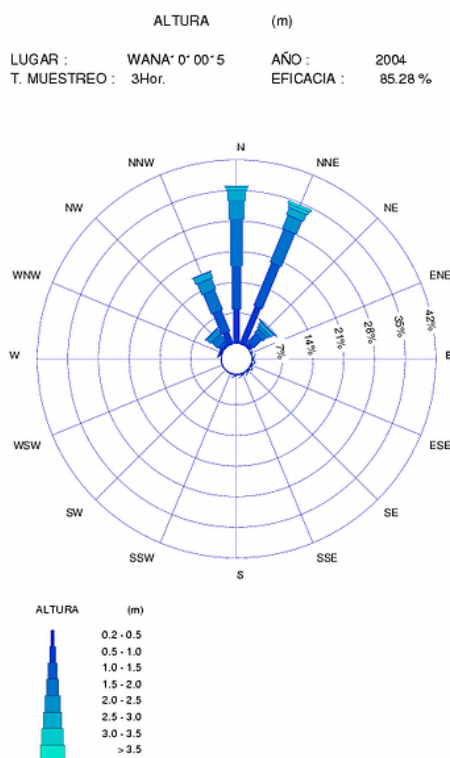


Figura 23 .- Rosa de oleaje para el punto WANA 1010015 en 2004

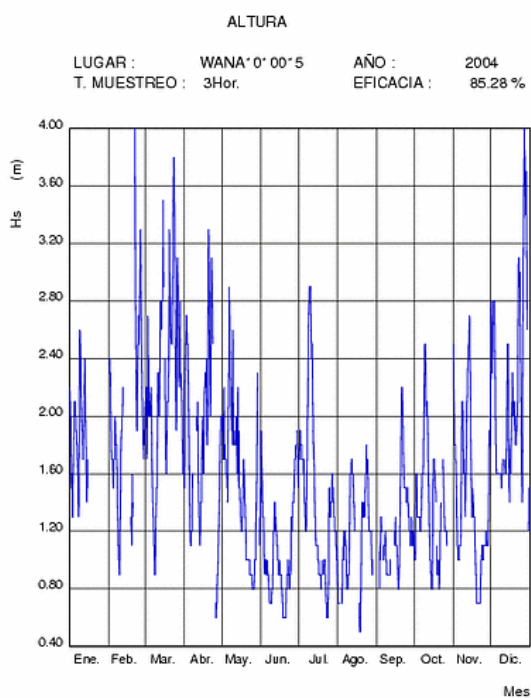


Figura 24 .- Serie temporal de altura de ola significativa para el punto WANA 1010015 en 2004

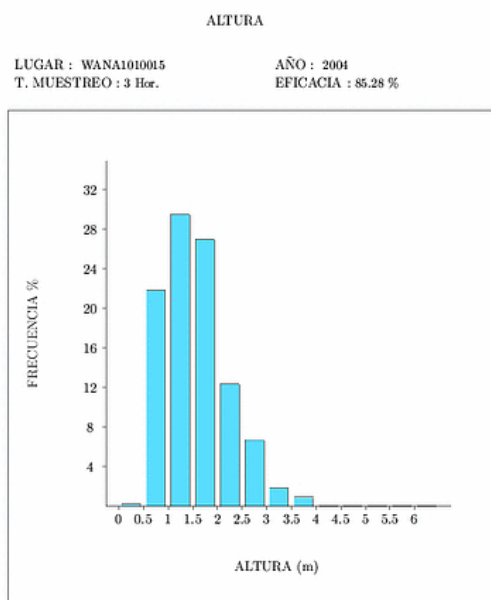


Figura 25 .- Histograma de altura de ola significativa para el punto WANA 1010015 en 2004

2.3.5. Resultados obtenidos

En este epígrafe se comentarán los resultados obtenidos en las campañas de medición de corrientes y vientos en La Palma.

2.3.5.1. Resultados obtenidos en Tazacorte en febrero-marzo de 2004

Durante el periodo de fondeo se registró un ciclo de mareas muertas y un ciclo de mareas vivas.

El perfilador se fondeó inmediatamente antes de la llegada de un temporal del NW. Durante el temporal se llegaron a registrar velocidades de 0.7 m/s en las capas superficiales de la columna de agua.

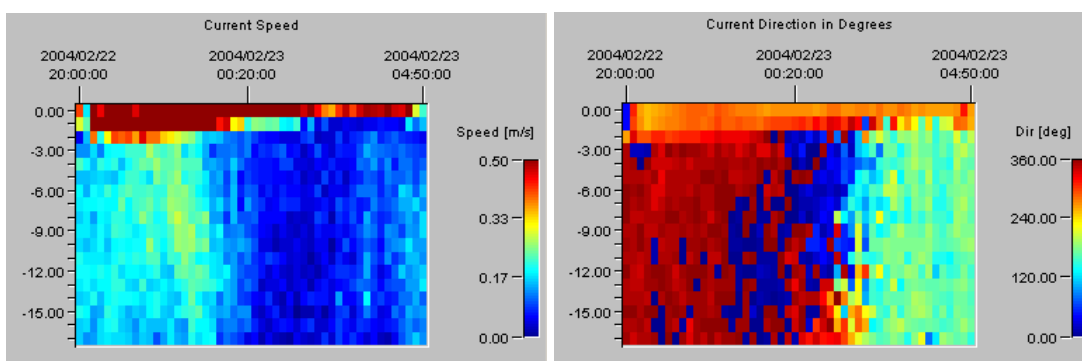


Figura 26 .- Detalle del registro vertical de velocidad y sentido en el tiempo durante un temporal

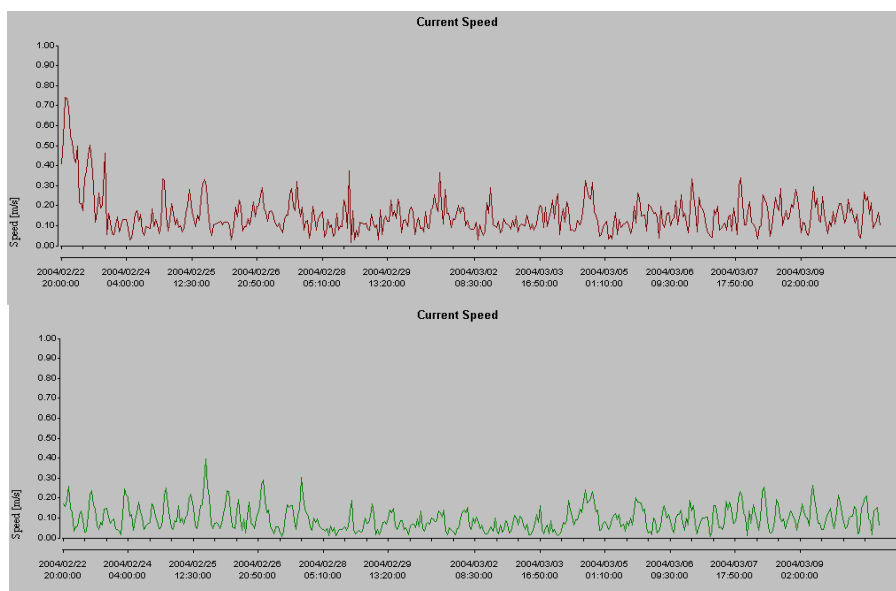


Figura 27 .- Detalle de la velocidad en superficie (sup) y a -10 m (inf) (Tazacorte, febrero-marzo 2004)

Tal y como se indicó en el apartado de Incidencias, el perfilador sufrió un escoramiento debido al paso del temporal. Sin embargo, al permanecer dentro de los rangos de tolerancia del equipo, las medidas se registraron en los días sucesivos con total normalidad.

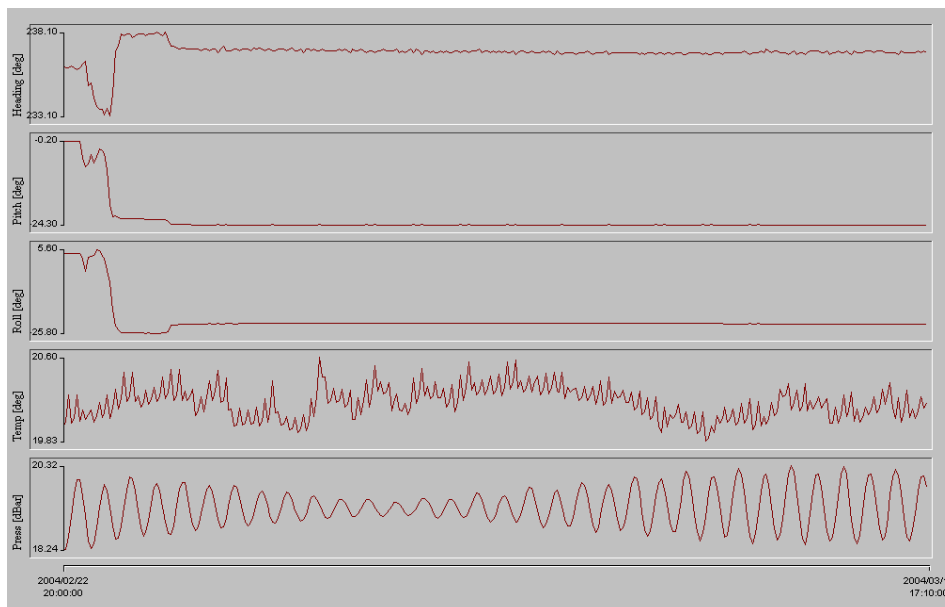


Figura 28 .- Registro de posición, temperatura y presión en el tiempo (Tazacorte, febrero-marzo 2004)

La mayor parte de los vientos registrados fue de componente NE, muy posiblemente debido a que el Barranco de las Angustias (Caldera de Taburiente) canaliza los Alisios.

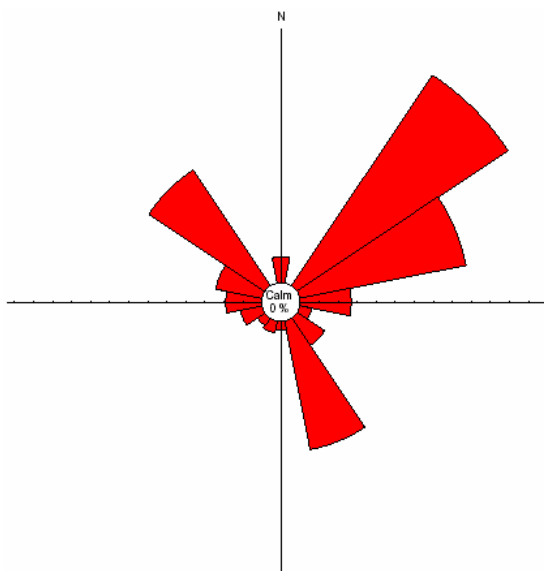


Figura 29 .- Rosa de los vientos (Tazacorte, febrero-marzo 2004)

Al comienzo de los registros (25/02/2004) se aprecia un acople entre la velocidad de la corriente (S 0.4 m/s) y la velocidad del viento (N 0.8 m/s).

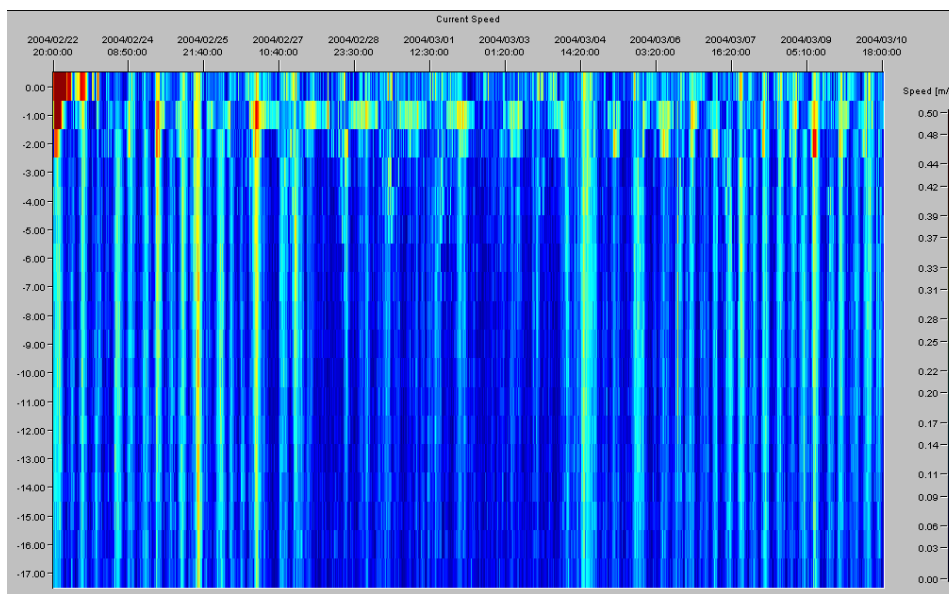


Figura 30 .- Registro vertical de la velocidad de corriente en el tiempo (Tazacorte, febrero-marzo 2004)

En el registro se observan de forma clara oscilaciones de los valores de velocidad a lo largo del periodo de fondeo, produciéndose las máximas durante las mareas vivas.

Las velocidades máximas de cada ciclo se producen en los repuntes de marea.

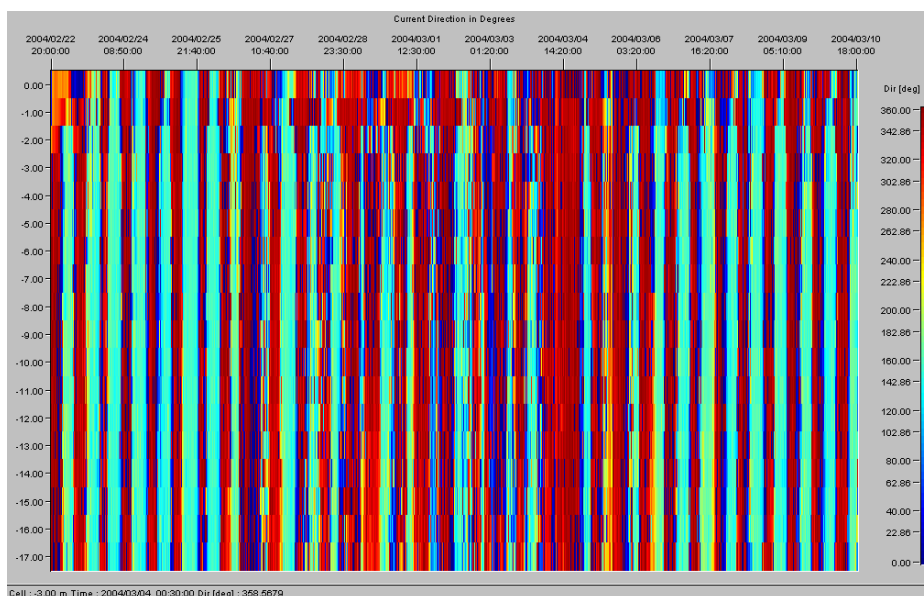


Figura 31 .- Registro vertical de la dirección de corriente en el tiempo (Tazacorte, febrero-marzo 2004)

También se observa de forma clara cambios cíclicos de dirección de la corriente a lo largo del periodo de fondeo.

Las inversiones de corriente se producen a media carrera de marea. Desde la media carrera de marea ascendente hasta la media carrera de marea descendente, la corriente tiene una circulación de componente S; mientras de desde la media carrera de marea descendente hasta la media carrera de marea ascendente, la corriente tiene una circulación de componente N.

2.3.5.2. Resultados obtenidos en Puerto Espíndola en febrero-marzo de 2004

Durante el periodo de fondeo se registró un ciclo de mareas muertas y un ciclo de mareas vivas.

Todos los parámetros de posición y temperatura registrados indican valores normales dentro de los rangos previstos.

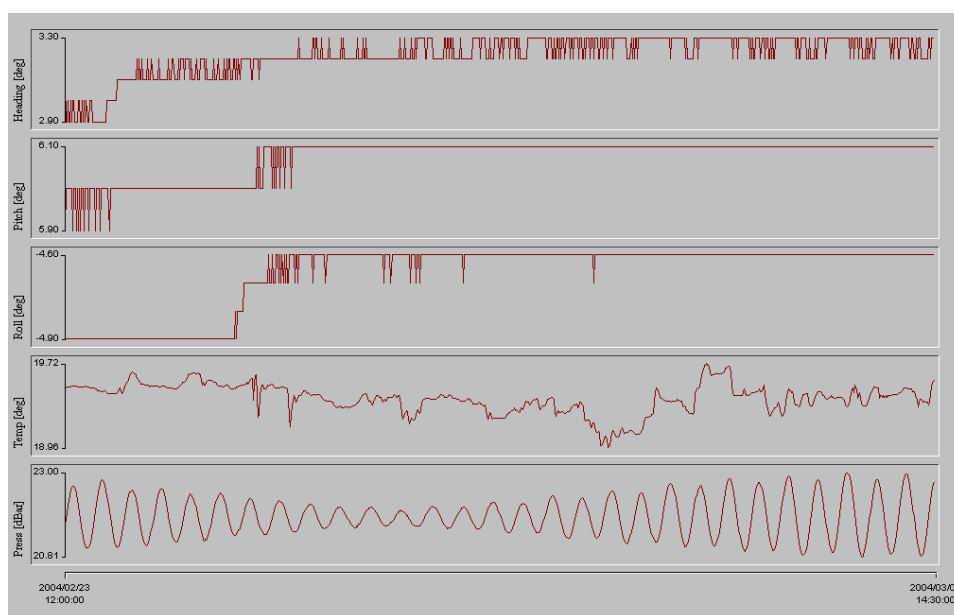


Figura 32 .- Registro de posición, temperatura y presión en el tiempo (Pto. Espíndola, febrero-marzo 2004)

La mayor parte de los vientos registrados fue de componente W NW, muy posiblemente debido a corrientes de viento locales producidas por el encuentro de los Alisios y el escarpado relieve de La Palma.

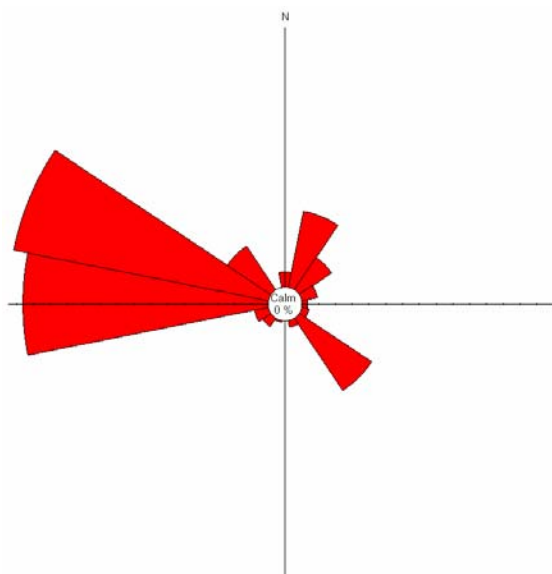


Figura 33 .- Rosa de los vientos (Pto. Espíndola, febrero-marzo 2004)

En el registro se observan algunas oscilaciones de los valores de velocidad. Sin embargo, a diferencia de las medidas recogidas en Tazacorte durante el mismo periodo, no se observa un ritmo acoplado a la marea. La variabilidad de la velocidad en la columna de agua es grande.

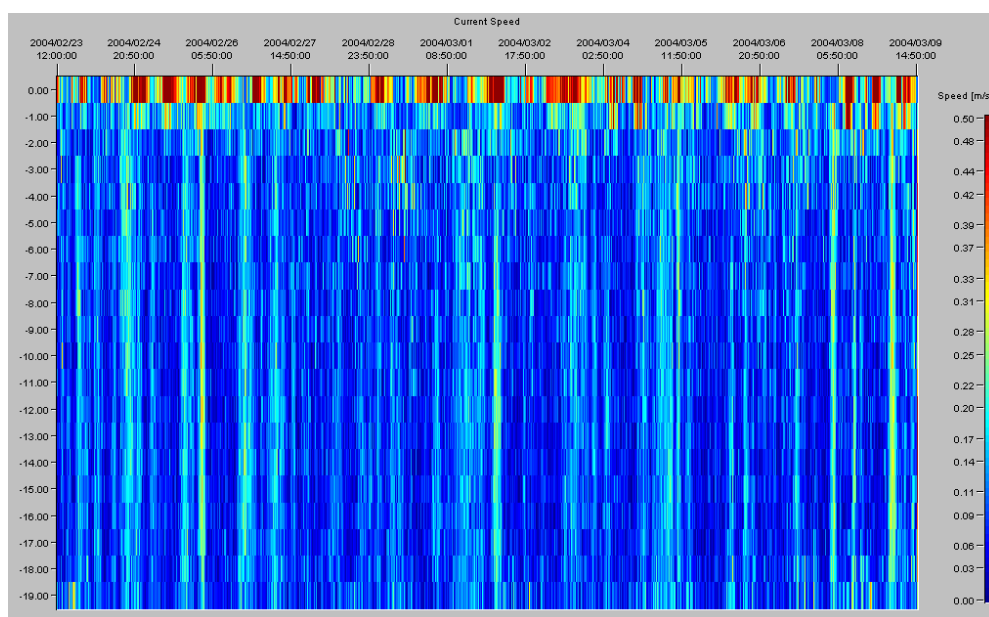


Figura 34 .- Registro vertical de la velocidad de corriente en el tiempo (Pto. Espíndola, febrero-marzo 2004)

Las inversiones de la corriente de marea no son tan uniformes ni cíclicas como las registradas en Tazacorte; si bien se observan patrones de circulación con componentes E-W.

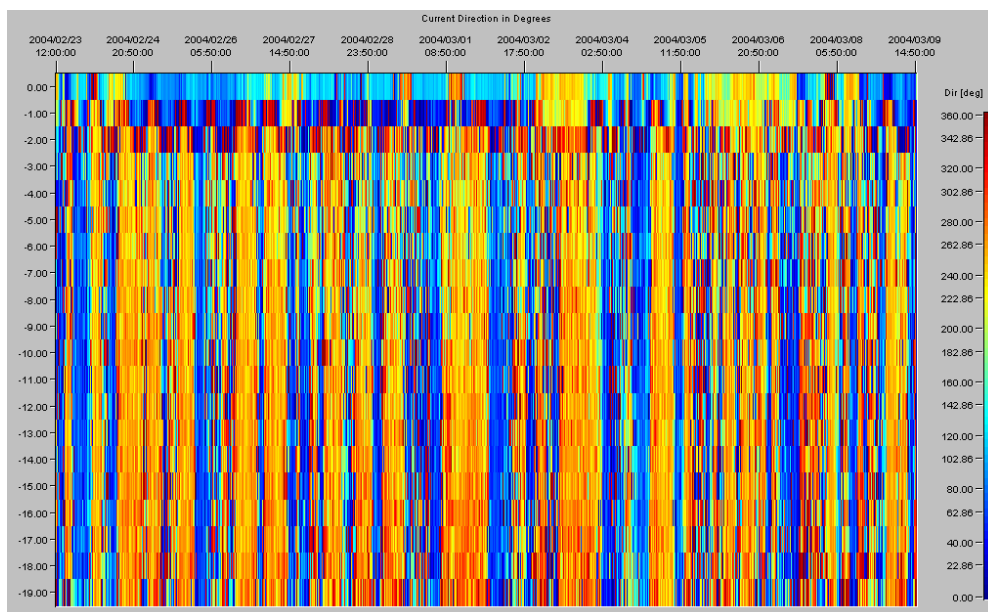


Figura 35 .- Registro vertical de la dirección de corriente en el tiempo (Pto. Espíndola, febrero-marzo 2004)

2.3.5.3. Resultados obtenidos en Tazacorte en septiembre-octubre de 2004

Durante el periodo de fondeo se registró un ciclo de mareas muertas y un ciclo de mareas vivas.

Todos los parámetros de posición y temperatura registrados indican valores normales dentro de los rangos previstos.

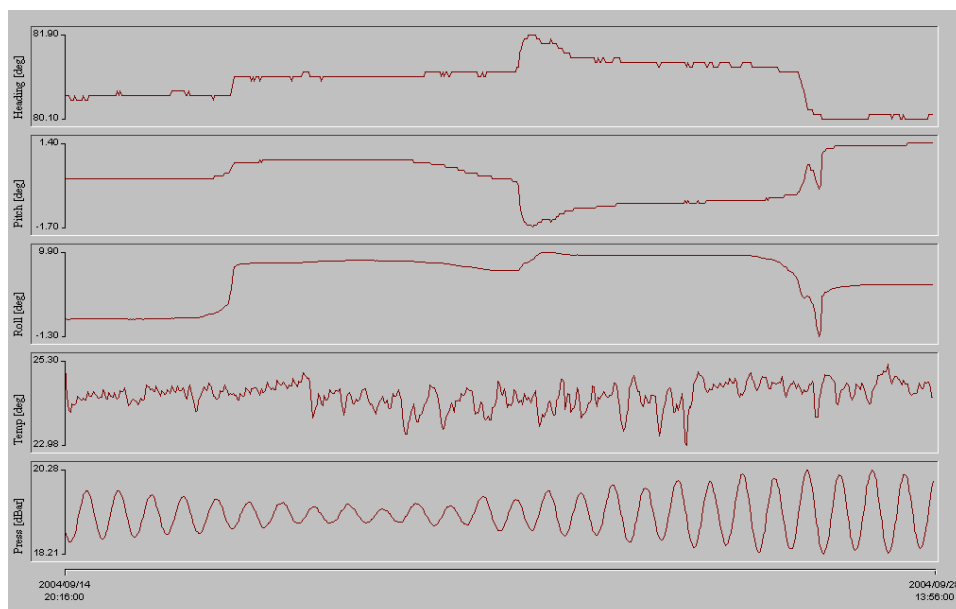


Figura 36 .- Registro de posición, temperatura y presión en el tiempo (Tazacorte, septiembre 2004)

La mayor parte de los vientos registrados fue de componente NW y E.

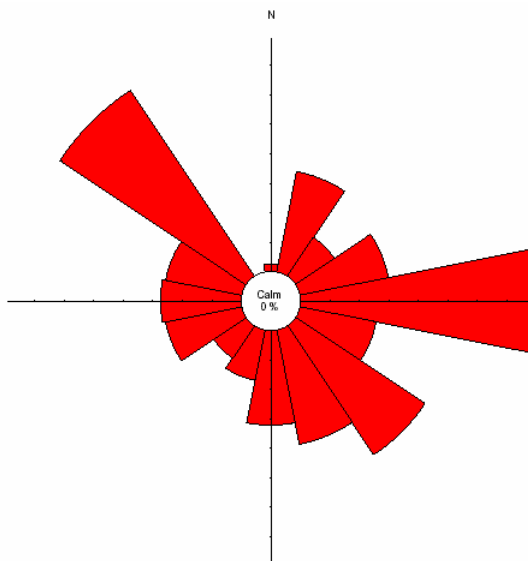


Figura 37 .- Rosa de los vientos (Tazacorte, septiembre-octubre 2004)

Nuevamente se observan de forma clara oscilaciones de los valores de velocidad a lo largo del periodo de fondeo. Sin embargo, durante este fondeo se alcanzaron velocidades mayores, sobrepasando en varias ocasiones los 0.4 m/s. No se aprecia una relación entre las velocidades máximas alcanzadas y la amplitud de la marea.

Las velocidades máximas de cada ciclo se producen en los repuntes de marea.

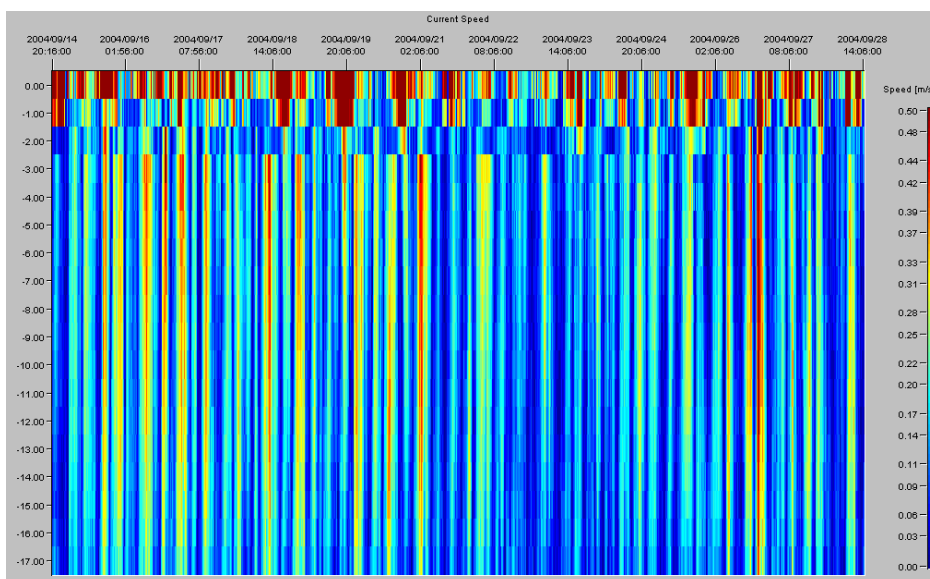


Figura 38 .- Registro vertical de la velocidad de corriente en el tiempo (Tazacorte, septiembre-octubre 2004)

De forma idéntica al fondeo de marzo, se observan de forma clara cambios cíclicos de dirección de la corriente a lo largo del periodo de fondeo.

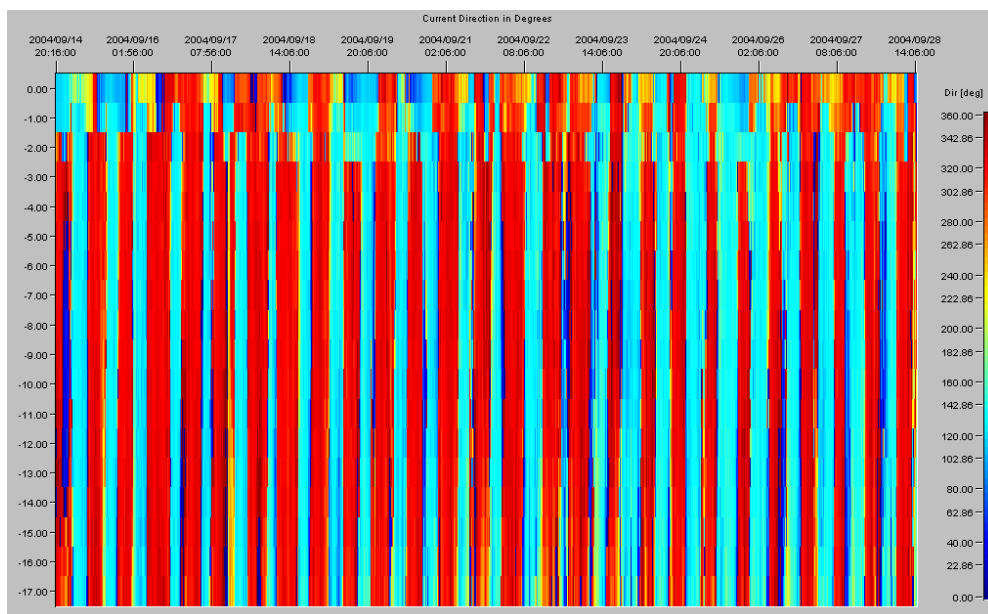


Figura 39 .- Registro vertical de la dirección de corriente en el tiempo (Tazacorte, septiembre-octubre 2004)

Las inversiones de corriente se producen a media carrera de marea. Sin embargo el eje de dirección de corrientes ha girado, pasando de ser N-S a ser NW-SE. Desde la media carrera de marea ascendente hasta la media carrera de marea descendente, la corriente tiene una circulación de componente SE; mientras que desde la media carrera de marea descendente hasta la media carrera de marea ascendente, la corriente tiene una circulación de componente NW.

2.3.5.4. Resultados obtenidos en Puerto Espíndola en septiembre-octubre de 2004

Durante el periodo de fondeo se registraron parcialmente mareas muertas y mareas vivas.

Todos los parámetros de posición y temperatura registrados indican valores normales dentro de los rangos previstos.

Tal y como se indicó en el apartado de Incidencias, el perfilador se cubrió fortuitamente con una red a la deriva e impidió el registro de datos. No obstante, la calidad y cantidad de los datos registrados es suficiente para calibrar el modelo numérico utilizado.

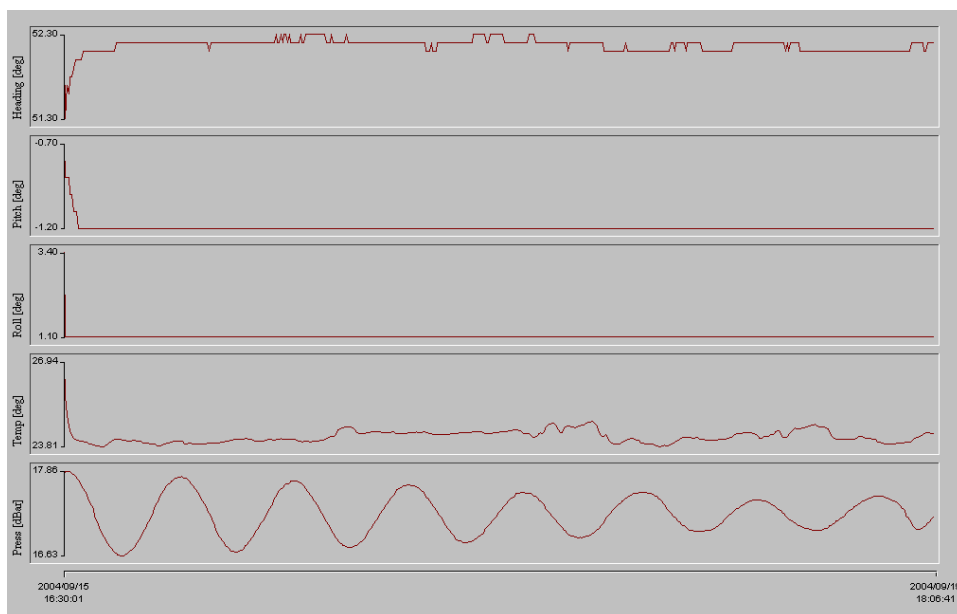


Figura 40 .- Registro de posición, temperatura y presión en el tiempo (Pto. Espíndola, septiembre-octubre 2004)

La mayor parte de los vientos registrados fue de componente NW y NE.

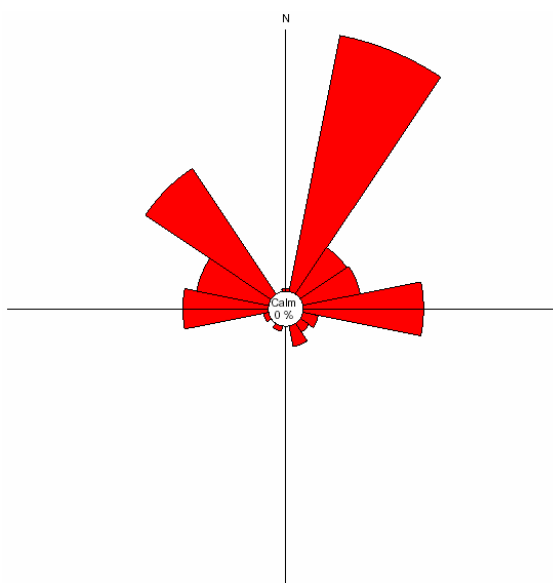


Figura 41 .- Rosa de los vientos (Pto. Espíndola, septiembre-octubre 2004)

Dado que en la campaña realizada en marzo de 2004 se obtuvieron datos con gran dispersión, se reubicó el lugar de fondeo para evitar eventuales zonas de vórtices que pudieran haber producido el registro anterior.

Por ello se desplazó el fondeo una milla hacia el sur, posicionándolo frente al anemómetro.

En contraste con la campaña de marzo, en este registro se observan de forma clara oscilaciones de los valores de velocidad a lo largo del periodo de fondeo, produciéndose las velocidades máximas de cada ciclo a media carrera de marea.

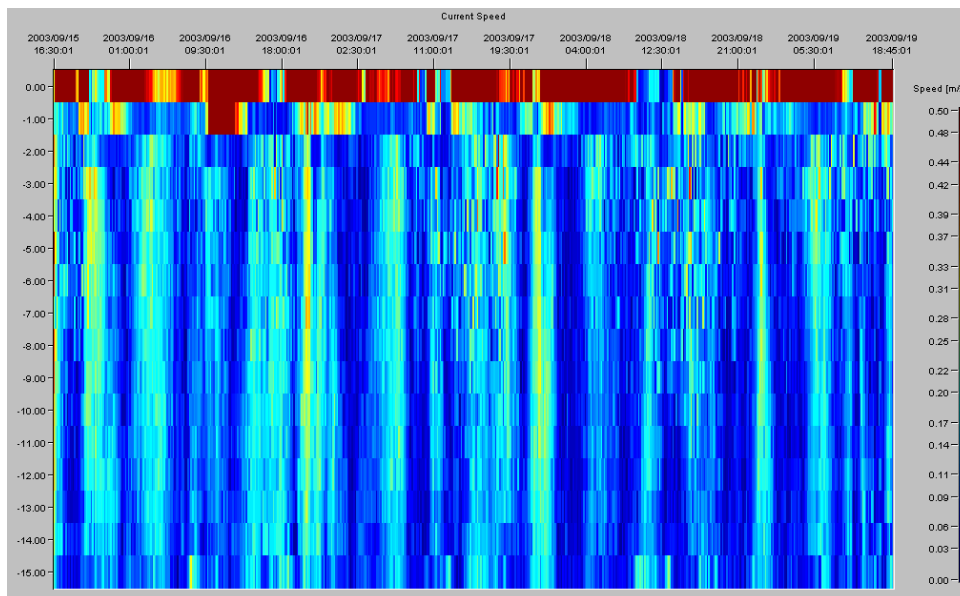


Figura 42 .- Registro vertical de la velocidad de corriente en el tiempo (Pto. Espíndola, sept. 2004)

Las inversiones de corriente se producen pasado el repunte de marea. Durante la llenante la corriente tiene una circulación de componente W SW; mientras que durante la vaciante la corriente tiene una circulación de componente E NE.

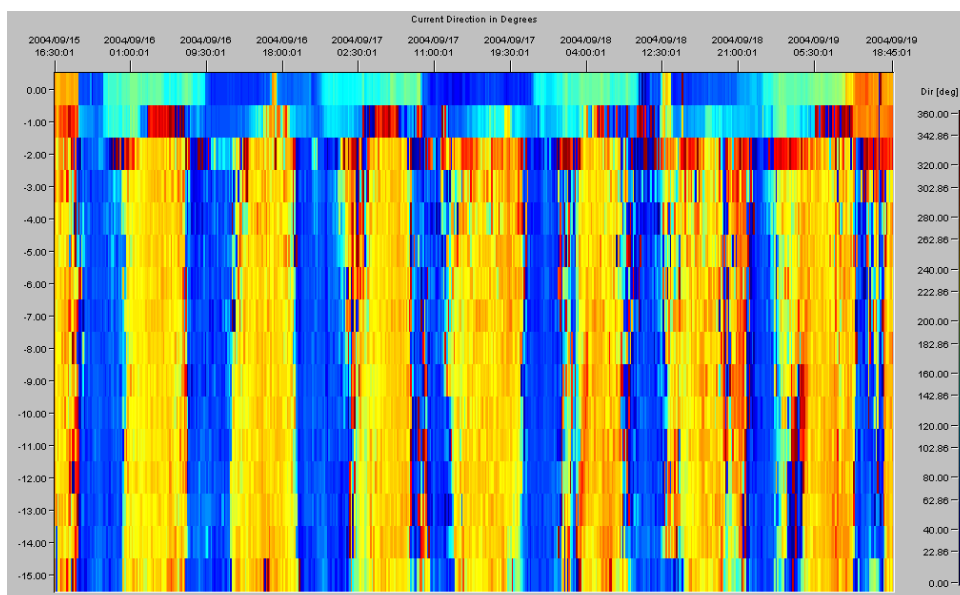
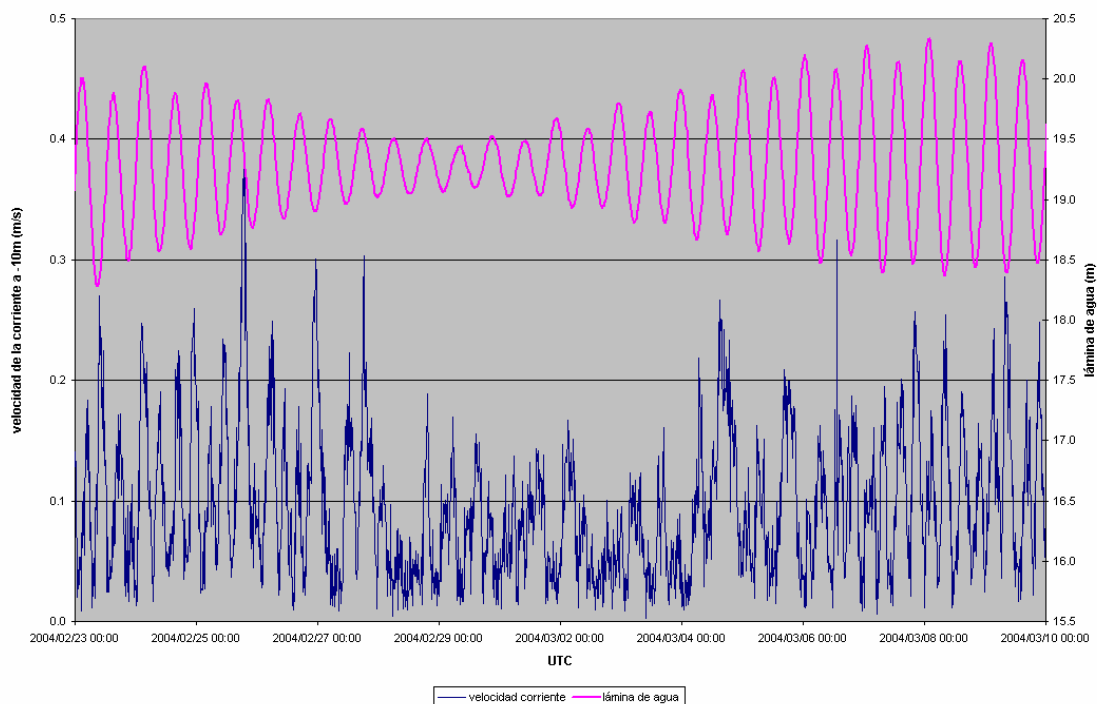


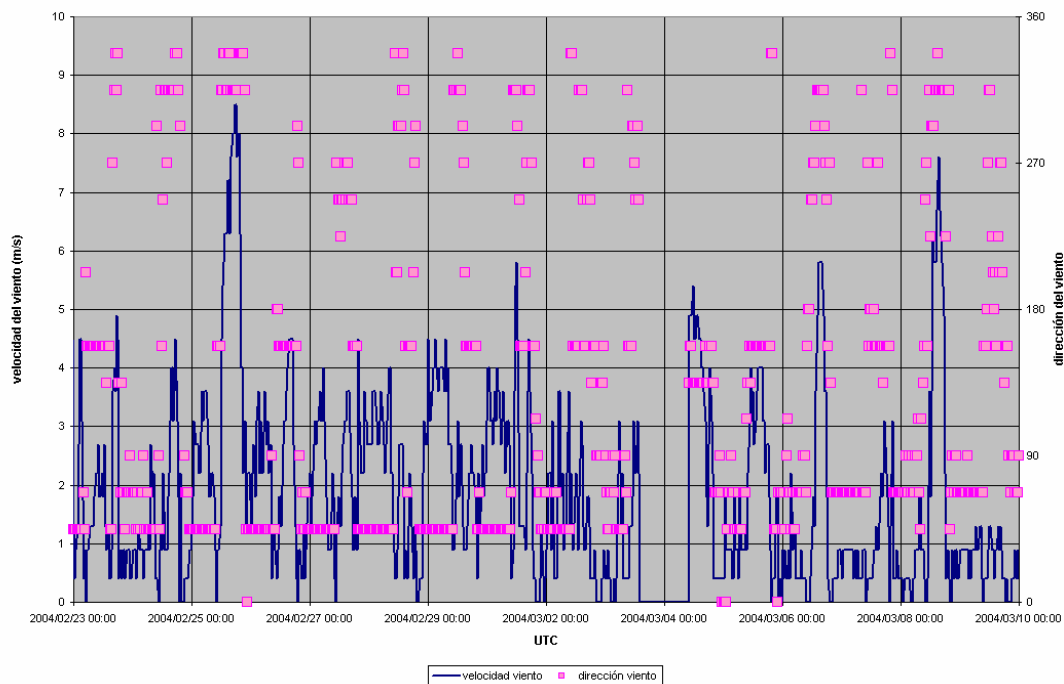
Figura 43 .- Registro vertical de la dirección de corriente en el tiempo (Pto. Espíndola, septiembre-octubre 2004)

2.3.5.5. Gráficas Tazacorte febrero-marzo de 2004

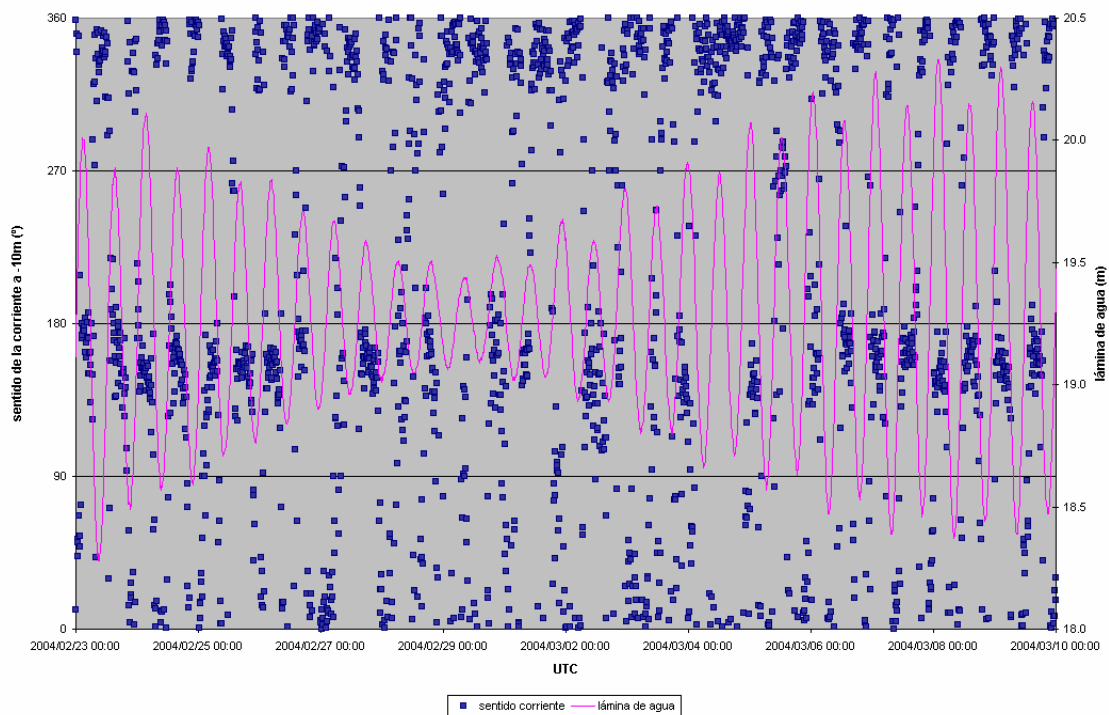
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



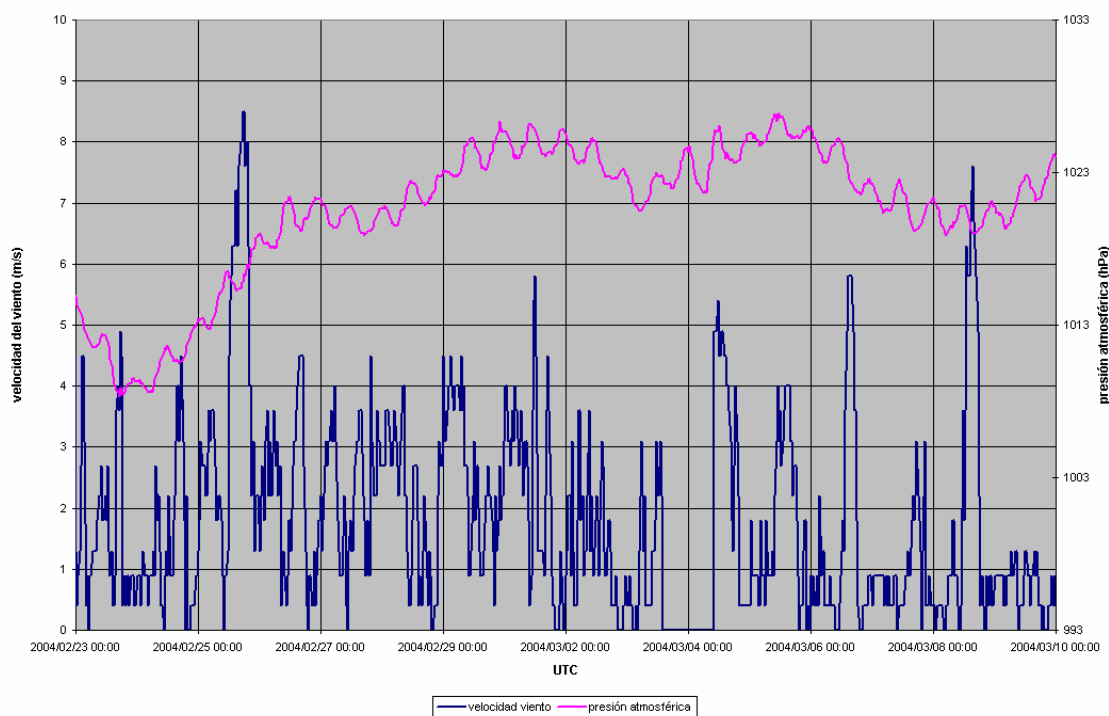
VELOCIDAD VIENTO vs DIRECCIÓN VIENTO
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



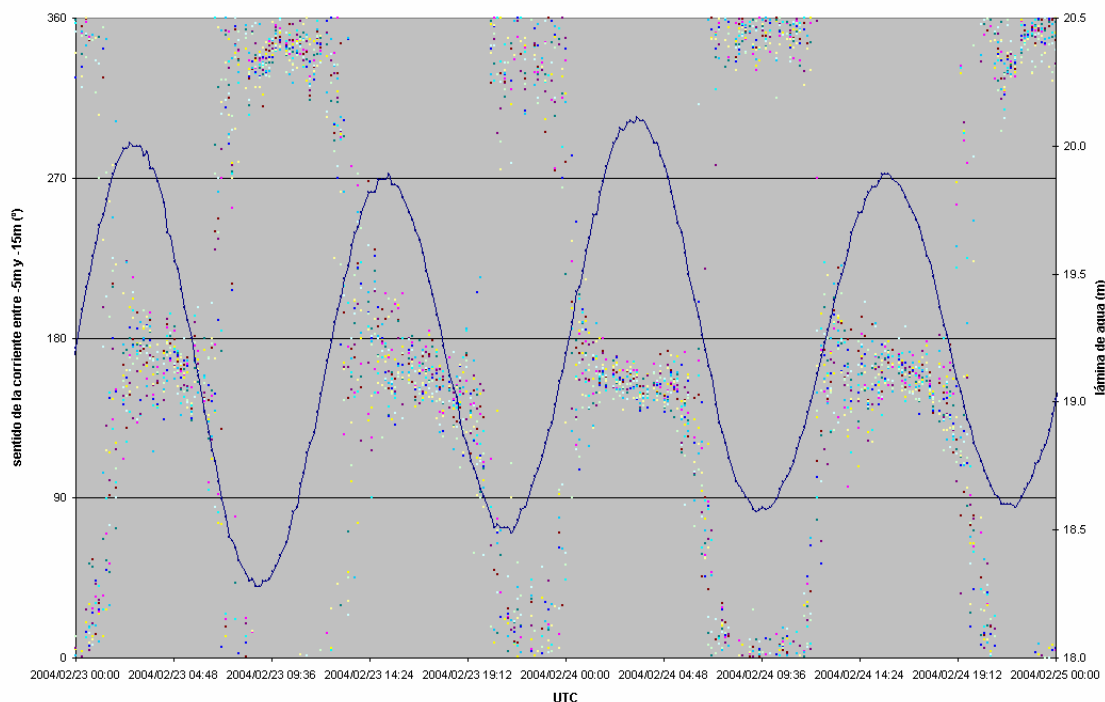
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



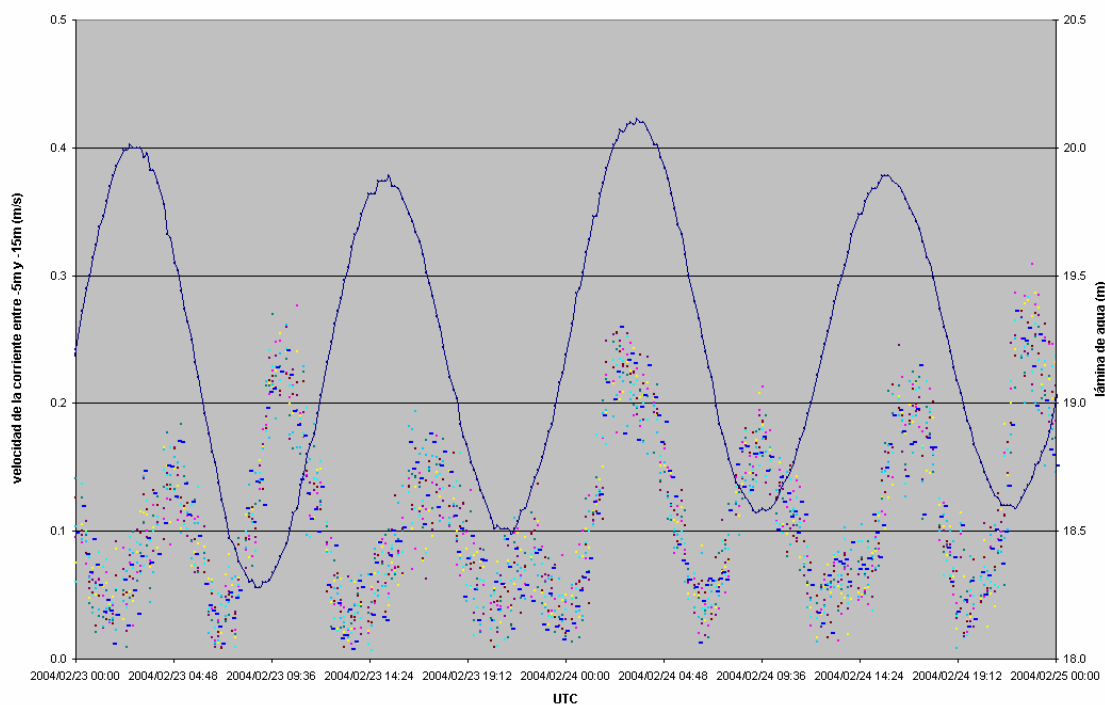
VELOCIDAD VIENTO vs PRESIÓN ATMOSFÉRICA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



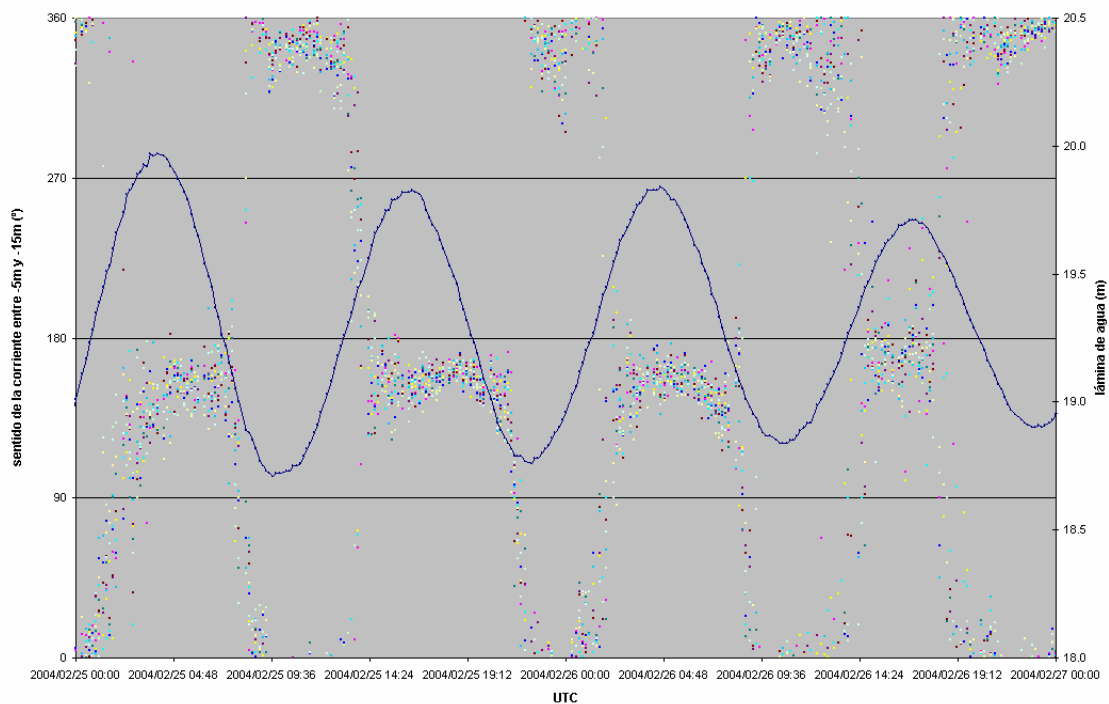
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



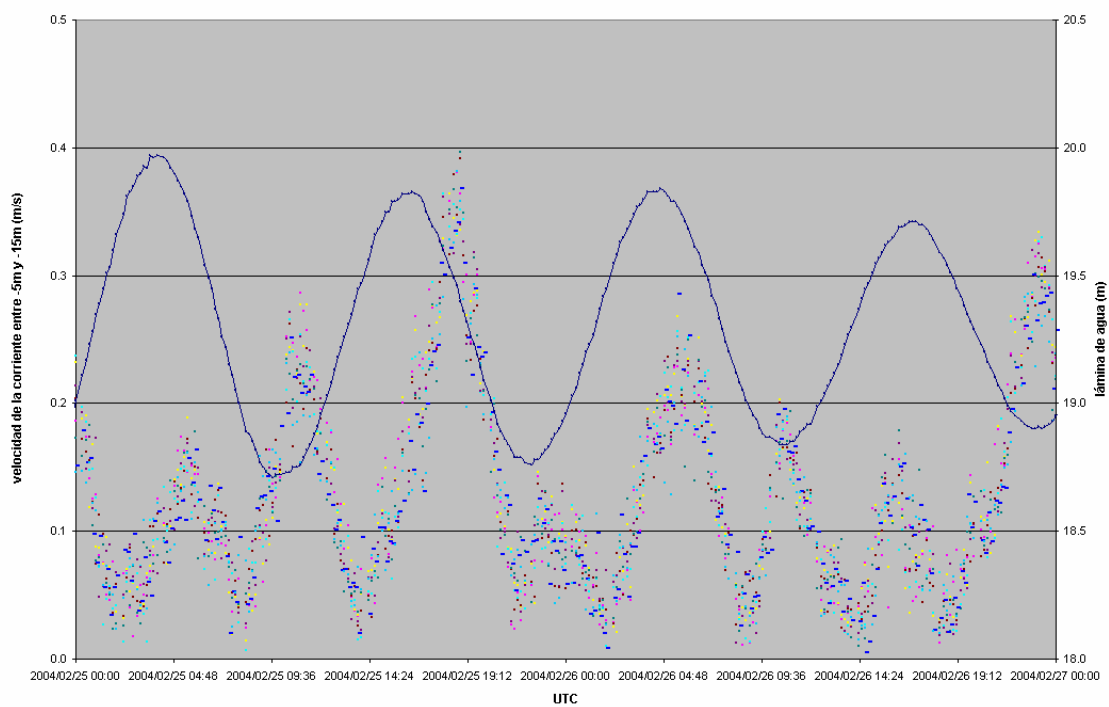
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



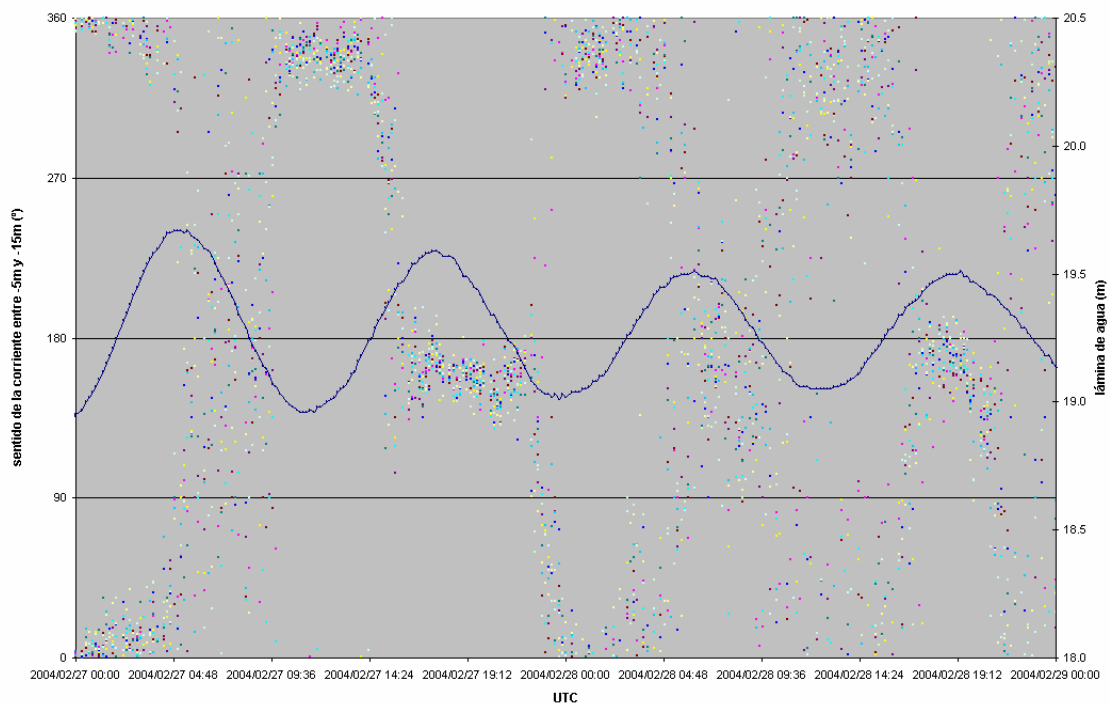
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



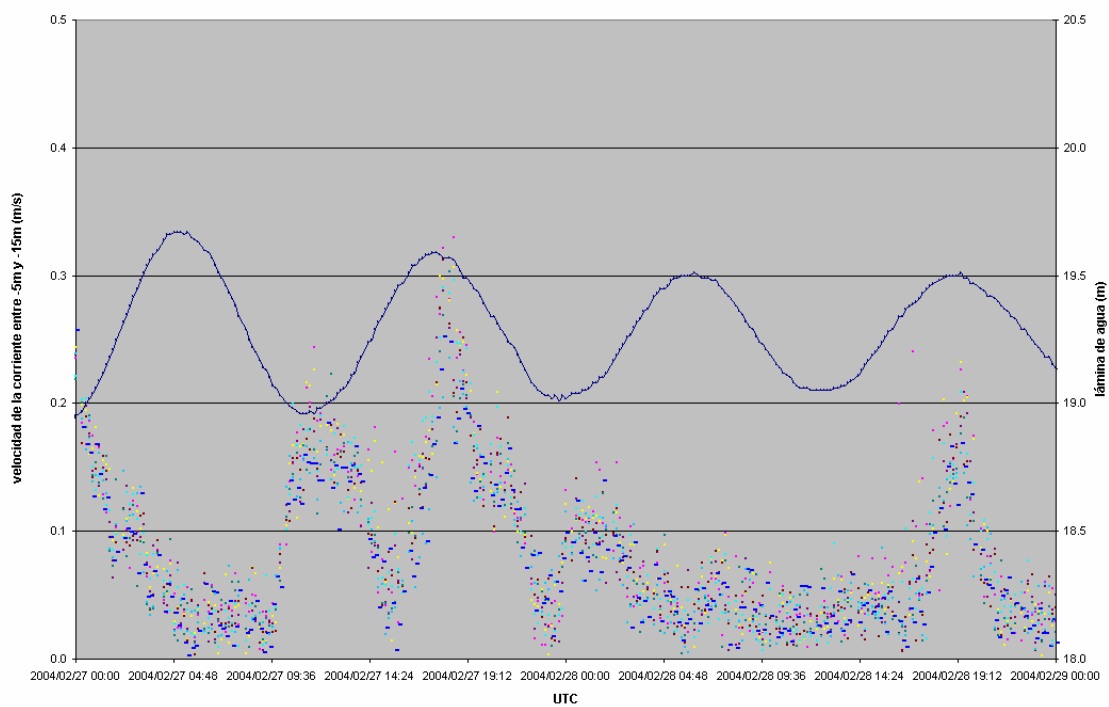
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tzacorte, Marzo 2004



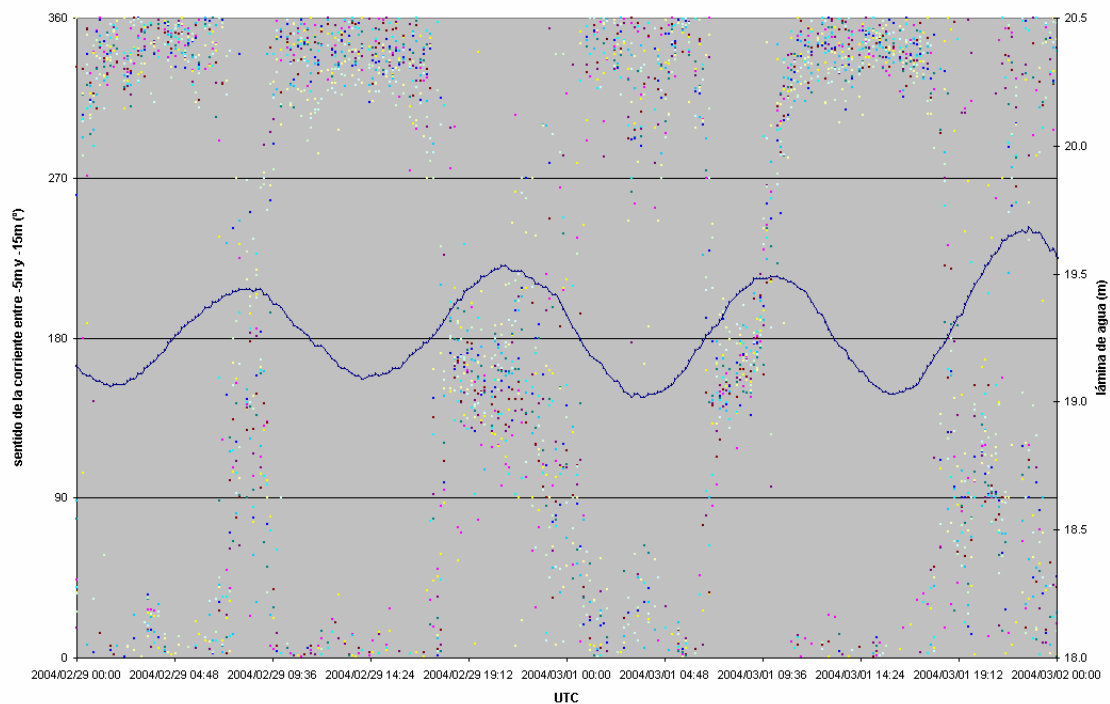
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tzacorte, Marzo 2004



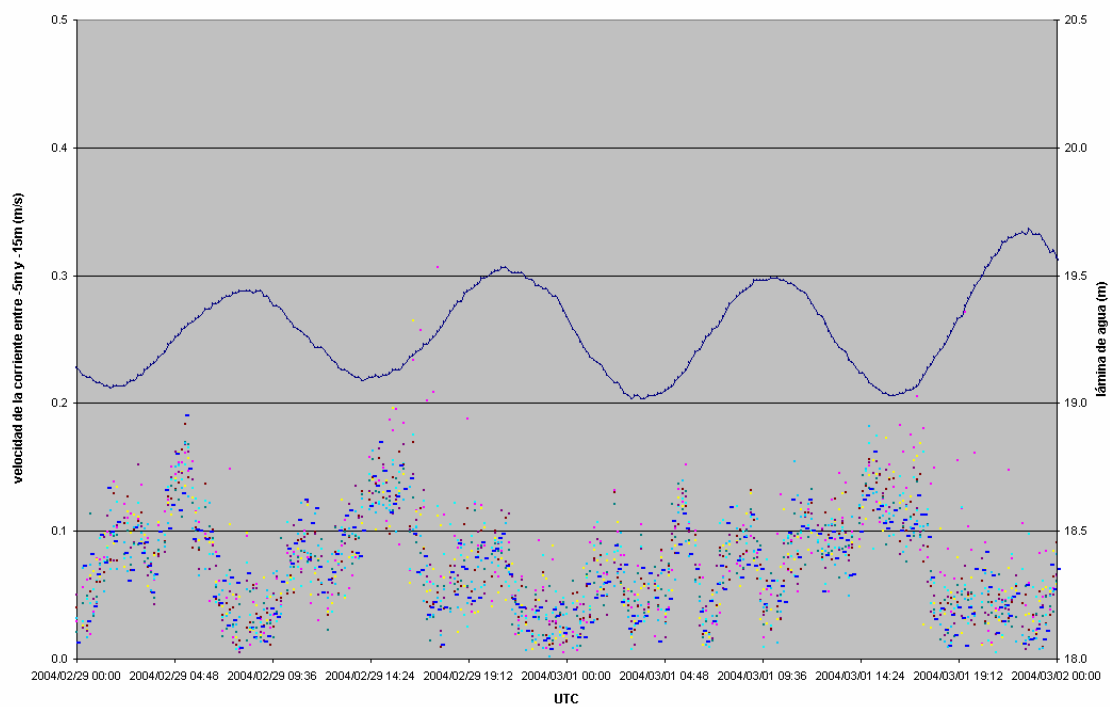
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

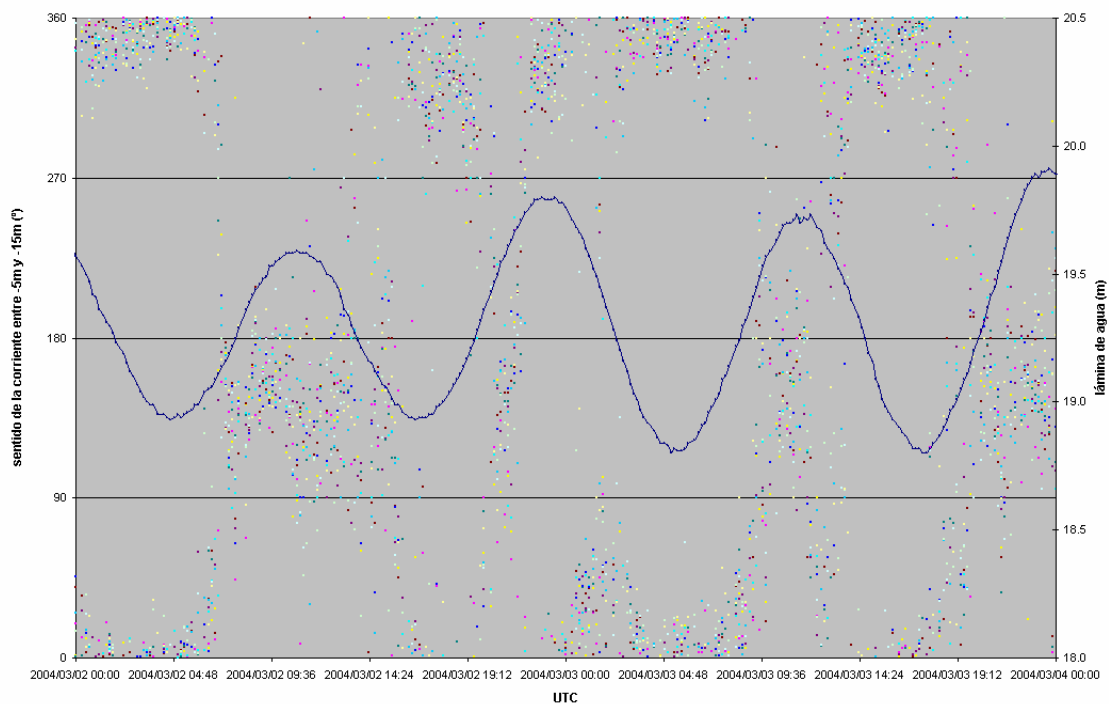
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



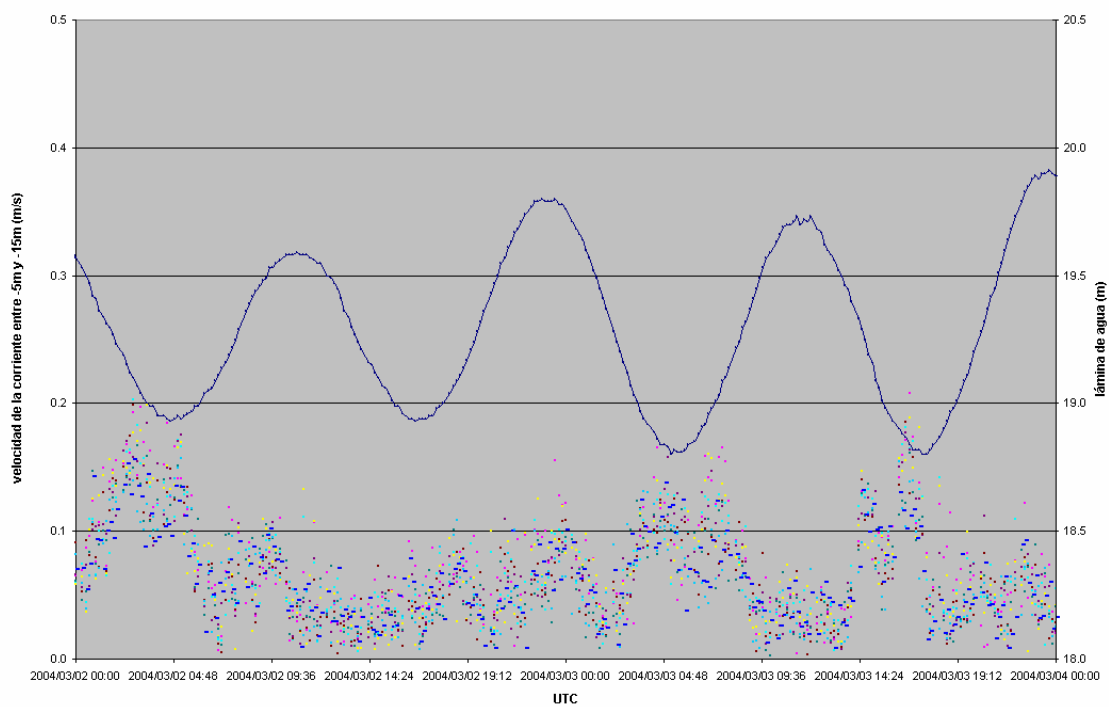
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



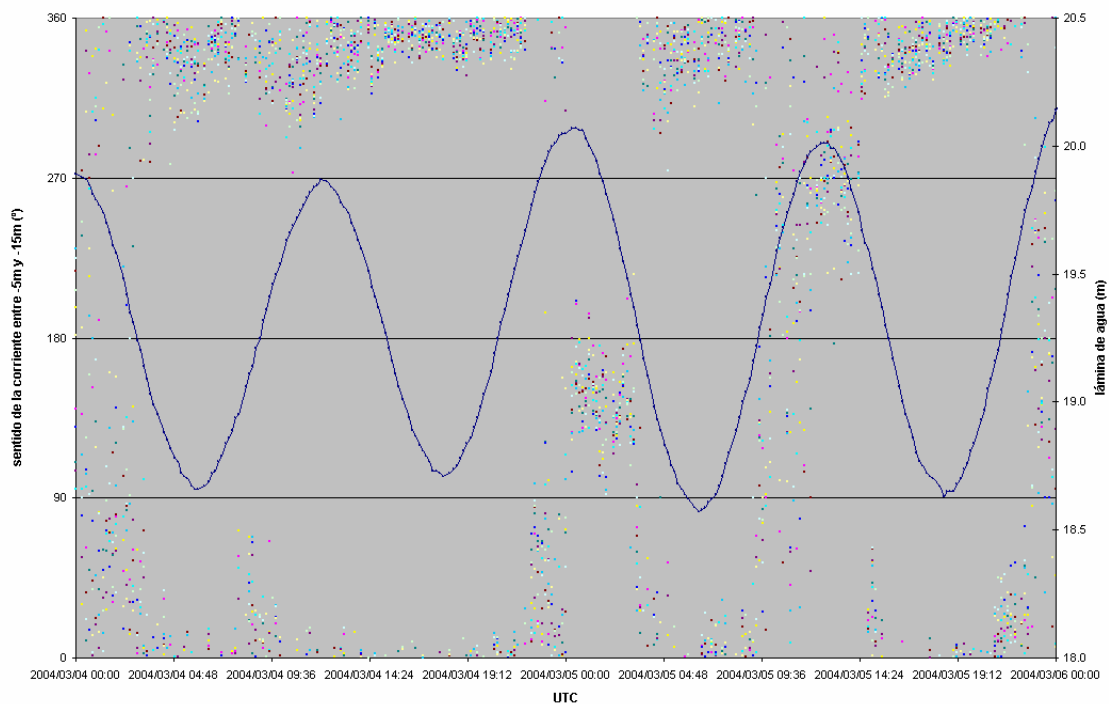
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



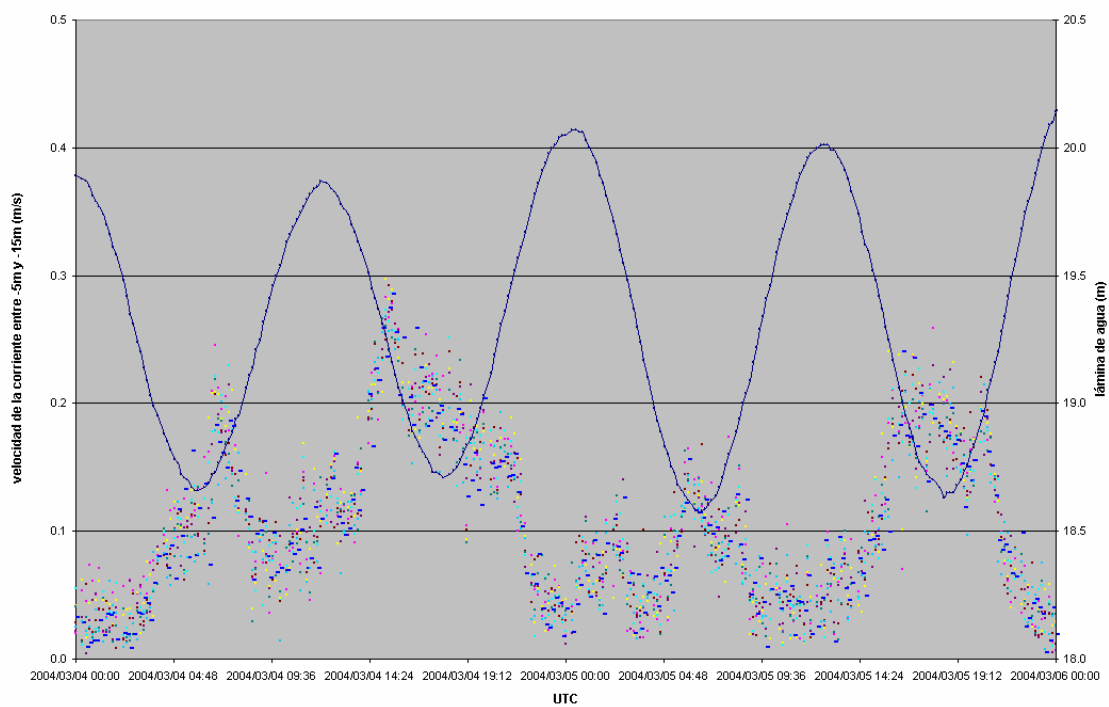
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



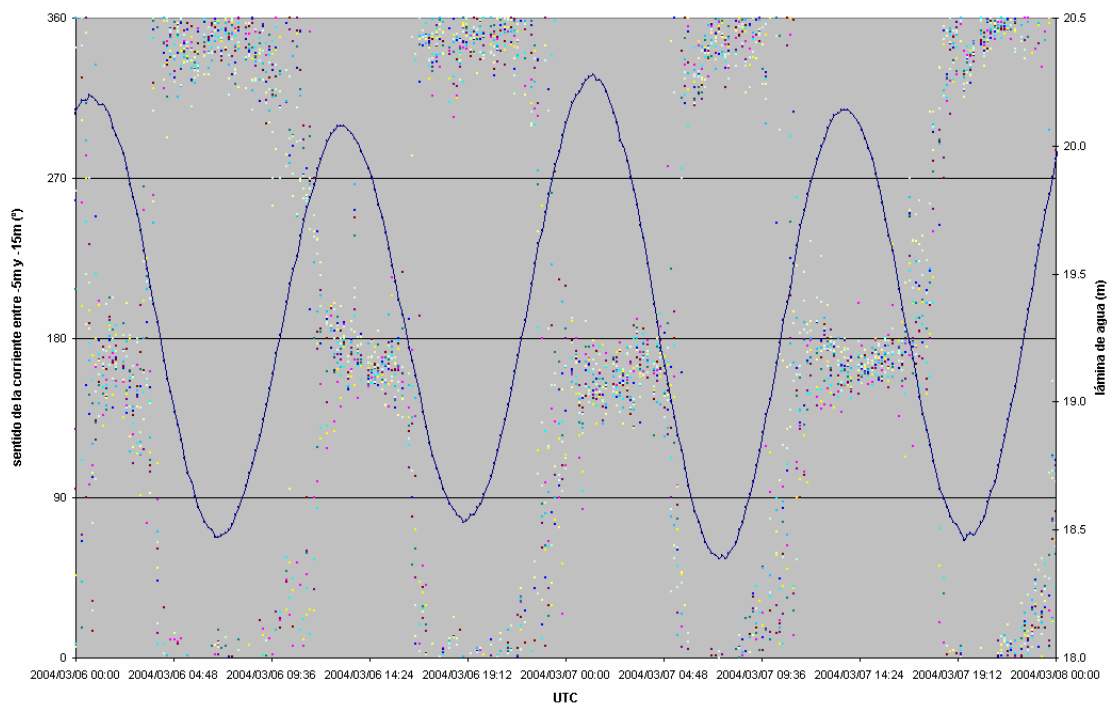
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



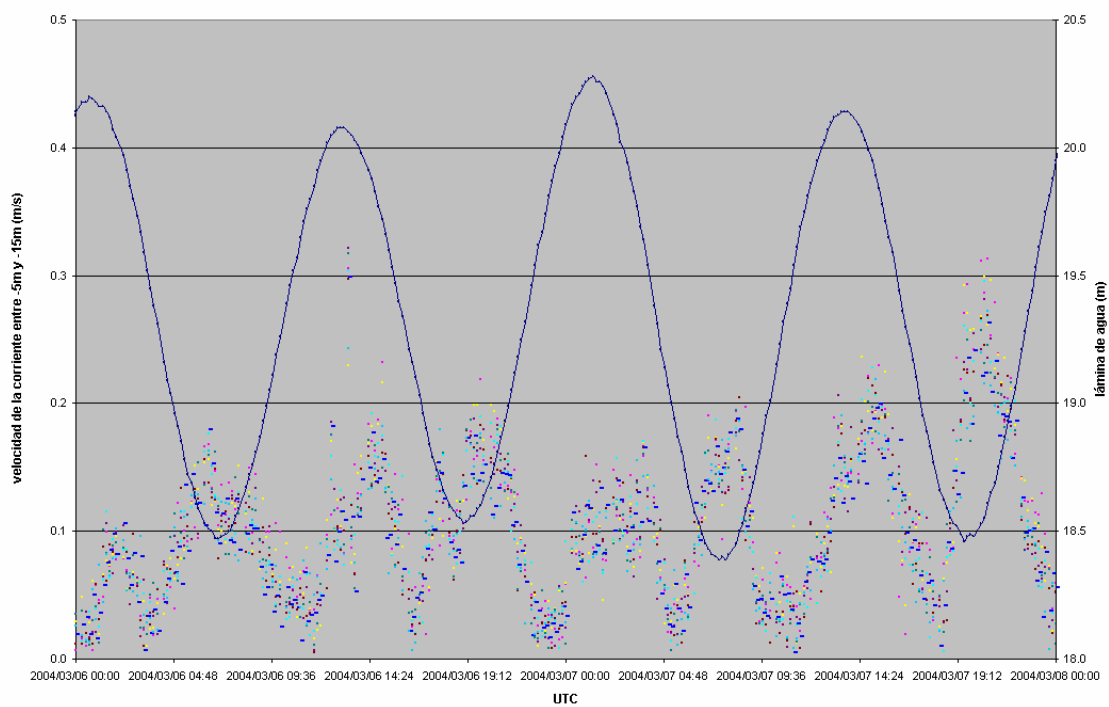
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



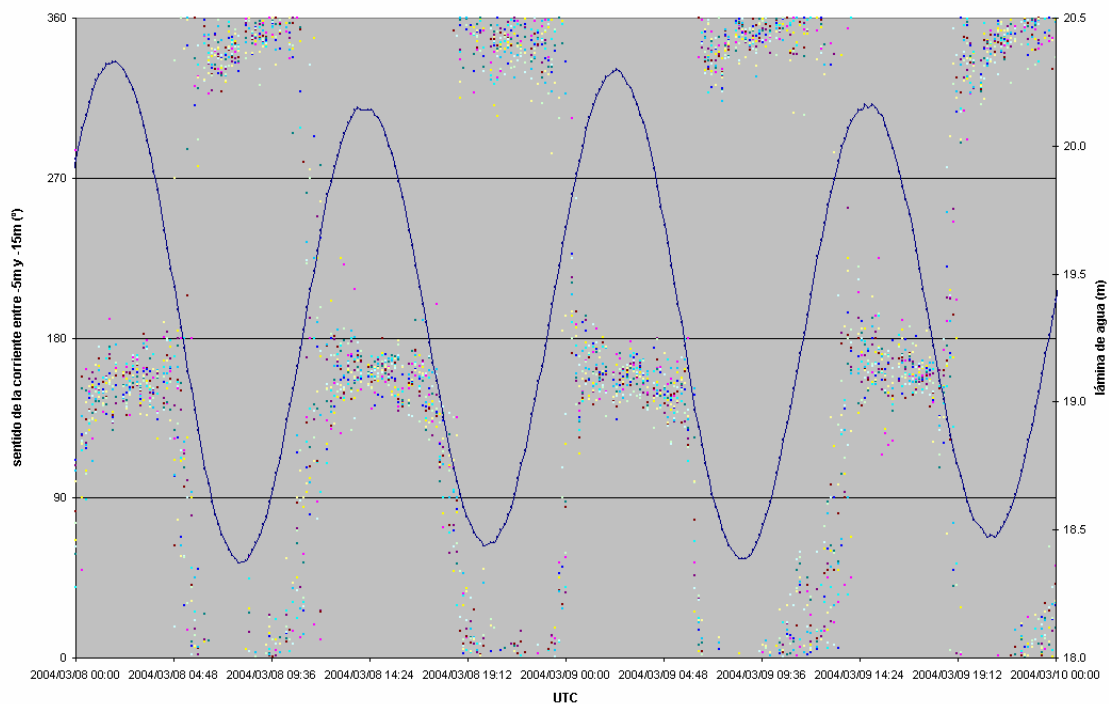
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



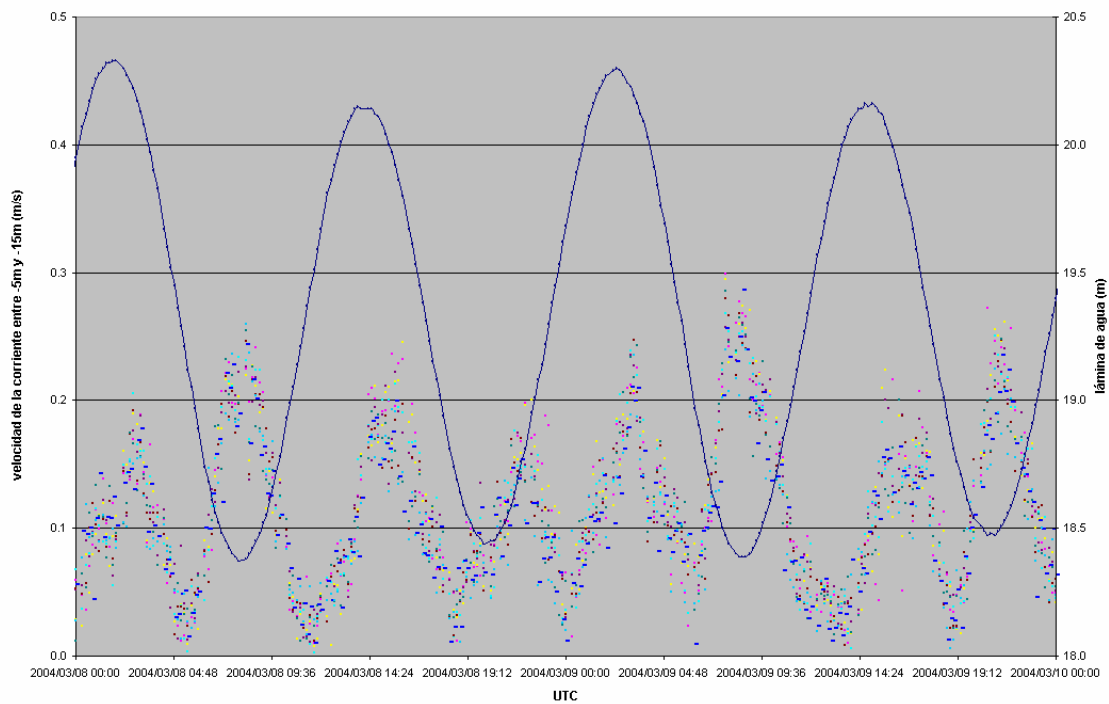
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004



SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004

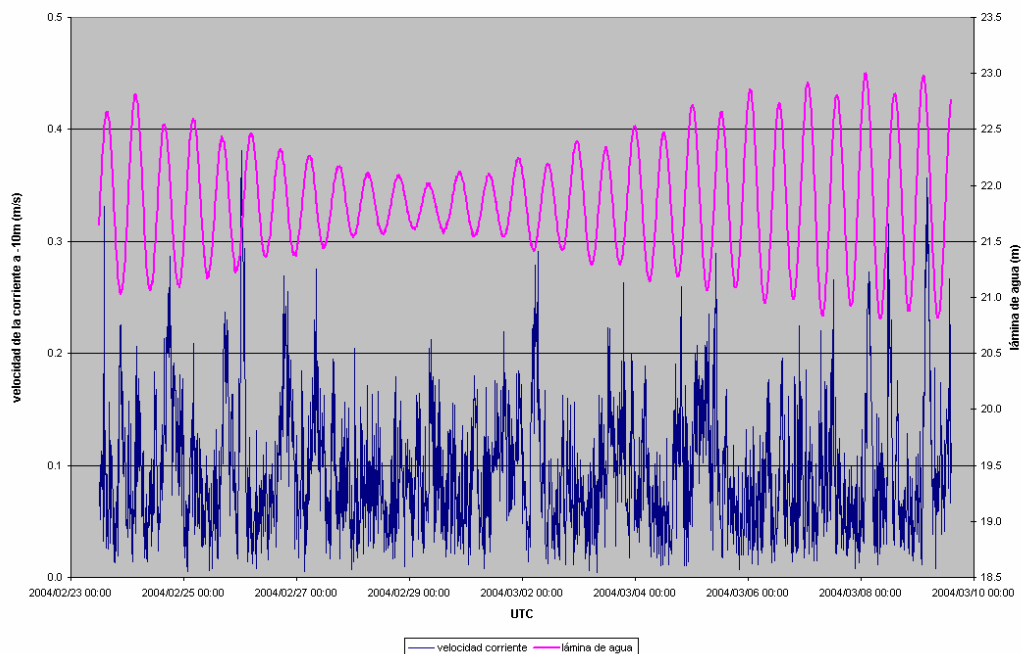


VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Marzo 2004

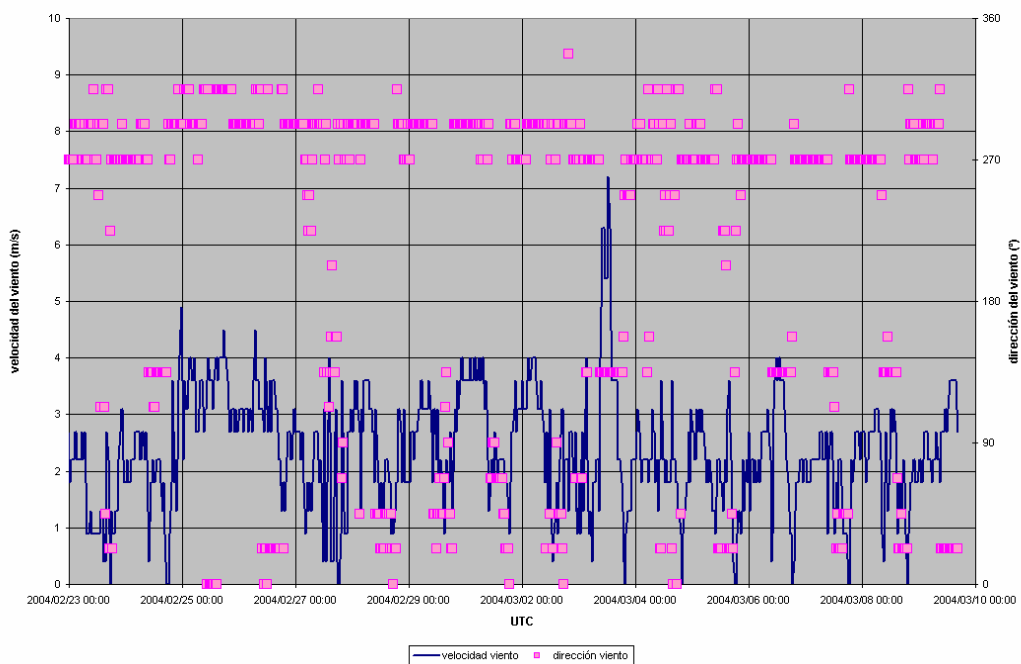


2.3.5.6. Graficas Puerto Espíndola febrero-marzo de 2004

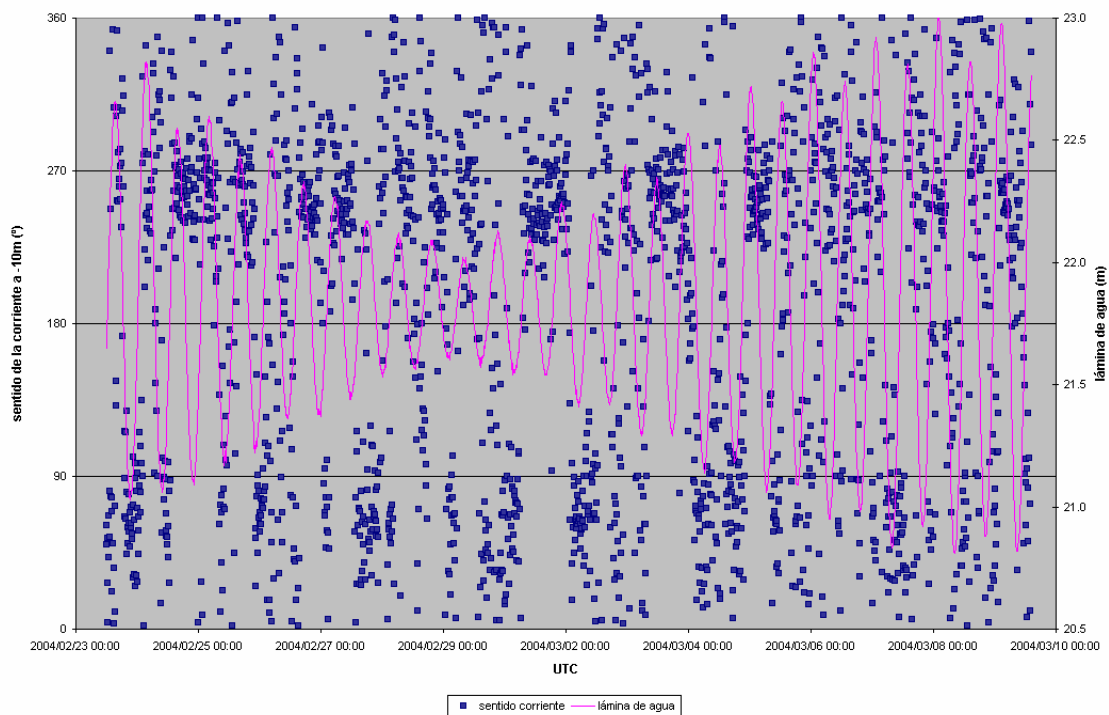
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espíndola, Marzo 2004



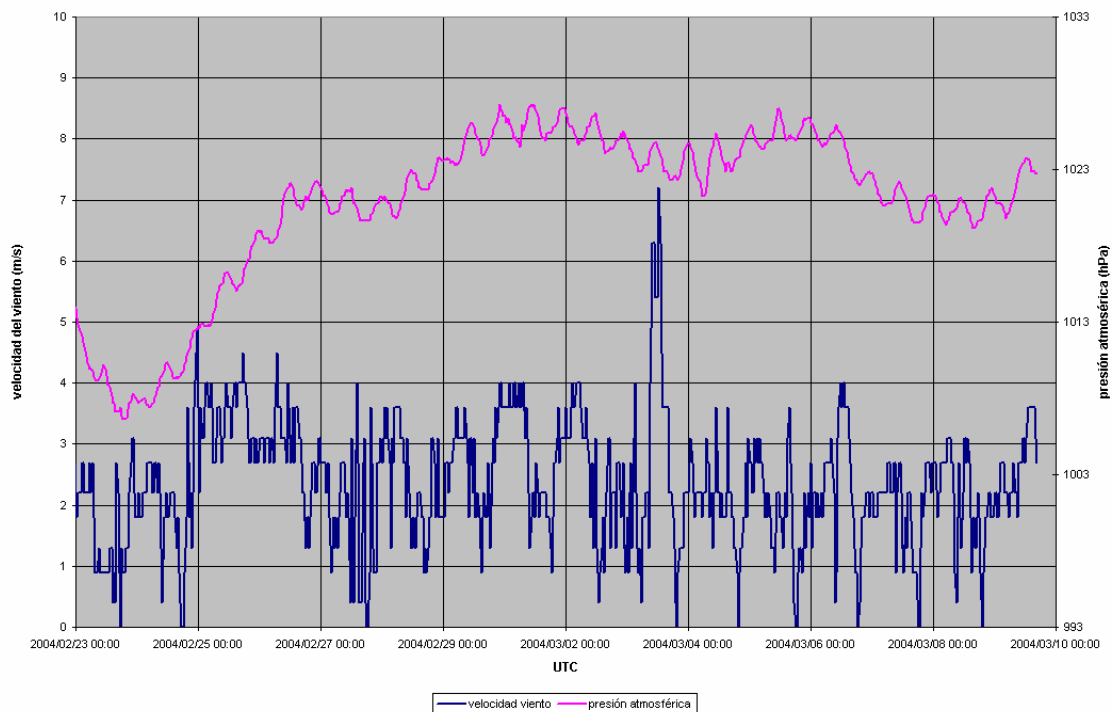
VELOCIDAD VIENTO vs DIRECCIÓN VIENTO
Puerto Espíndola, Marzo 2004



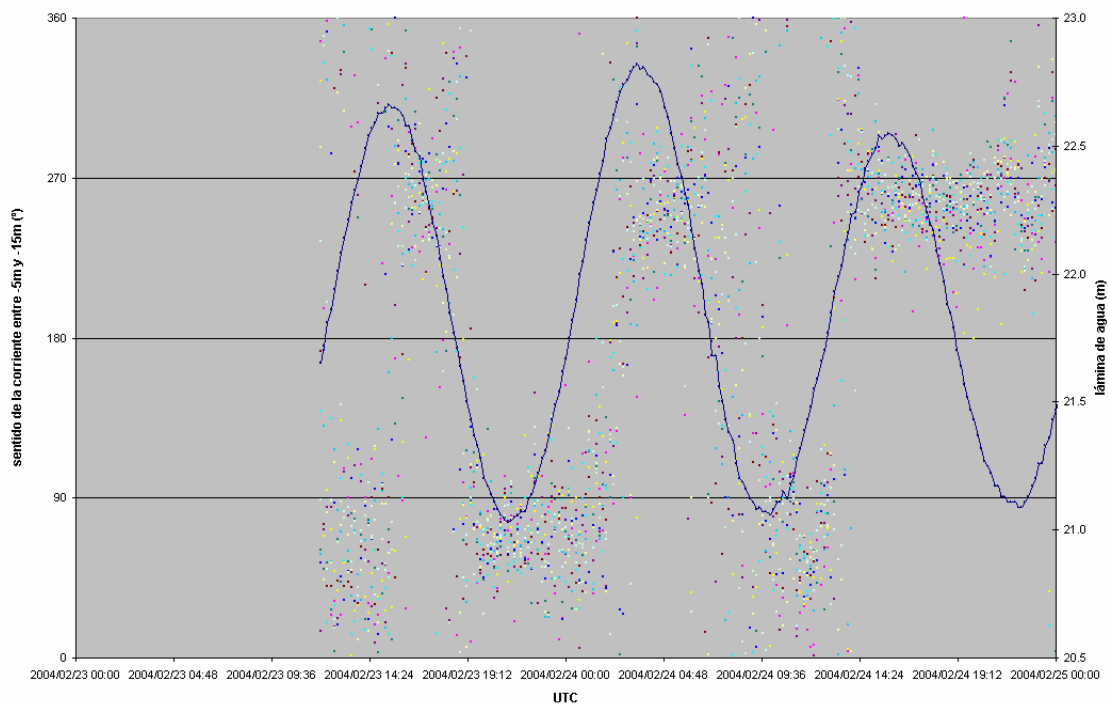
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



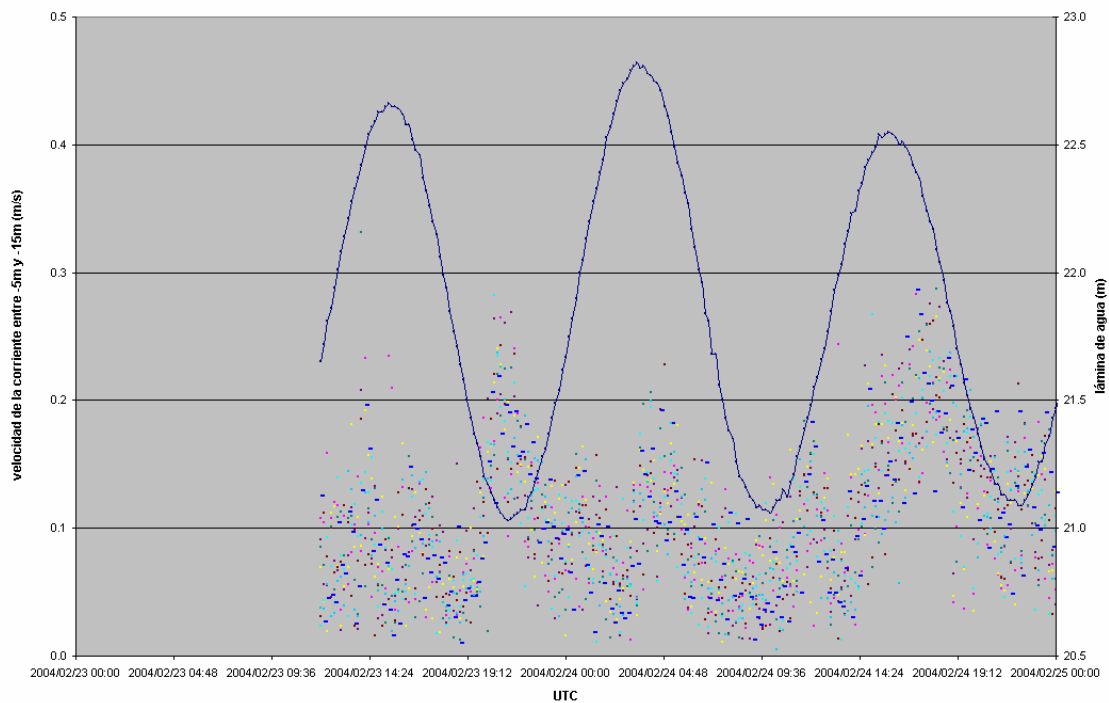
VELOCIDAD VIENTO vs PRESIÓN ATMOSFÉRICA
Puerto Espindola, Marzo 2004



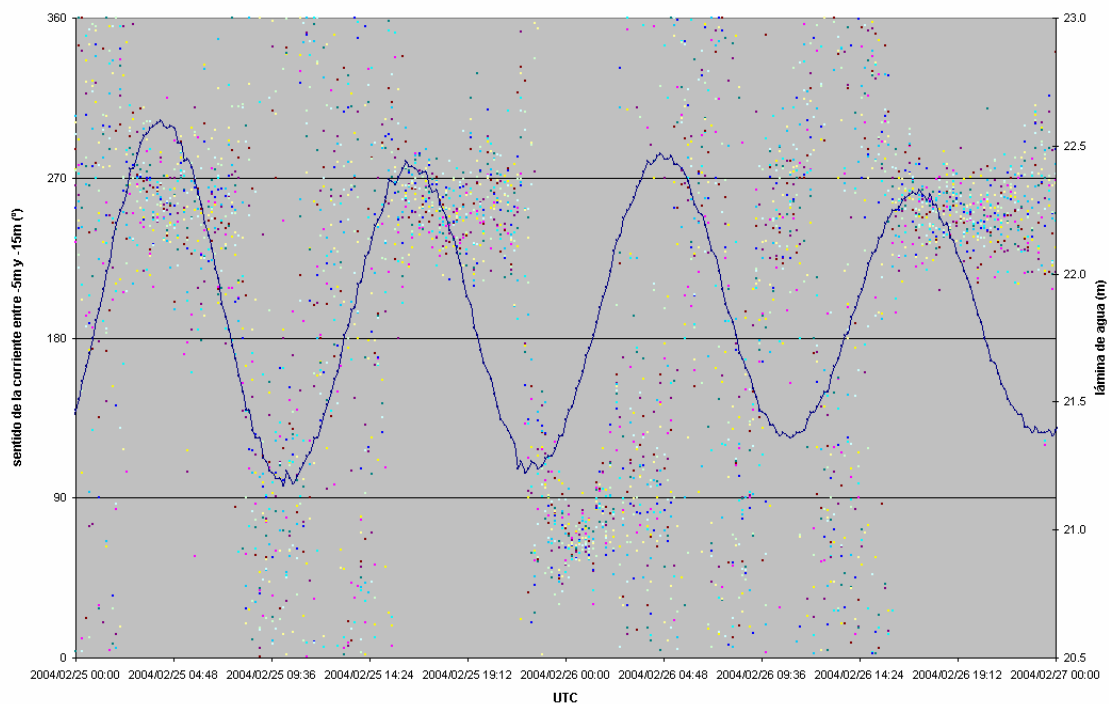
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



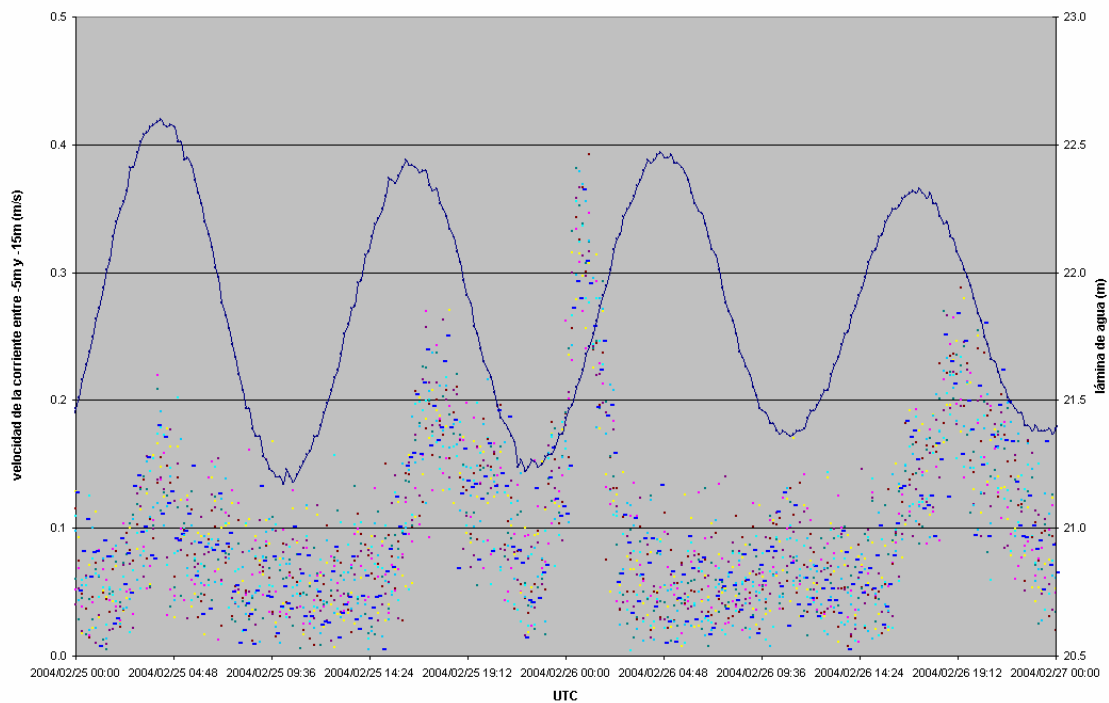
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



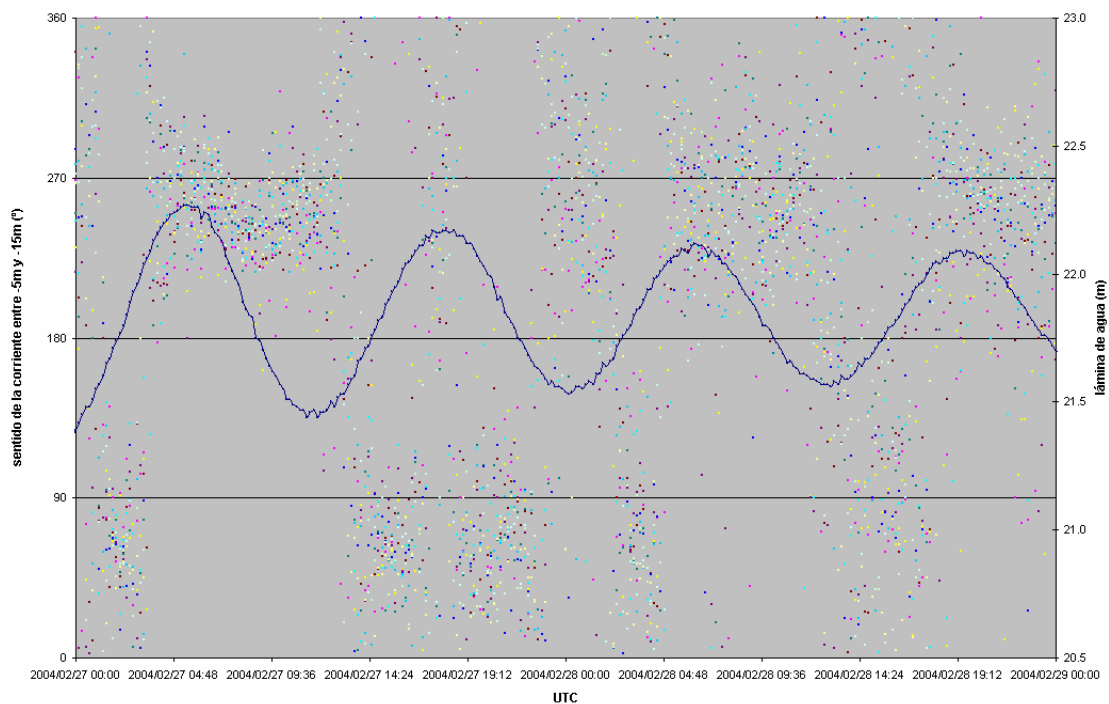
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



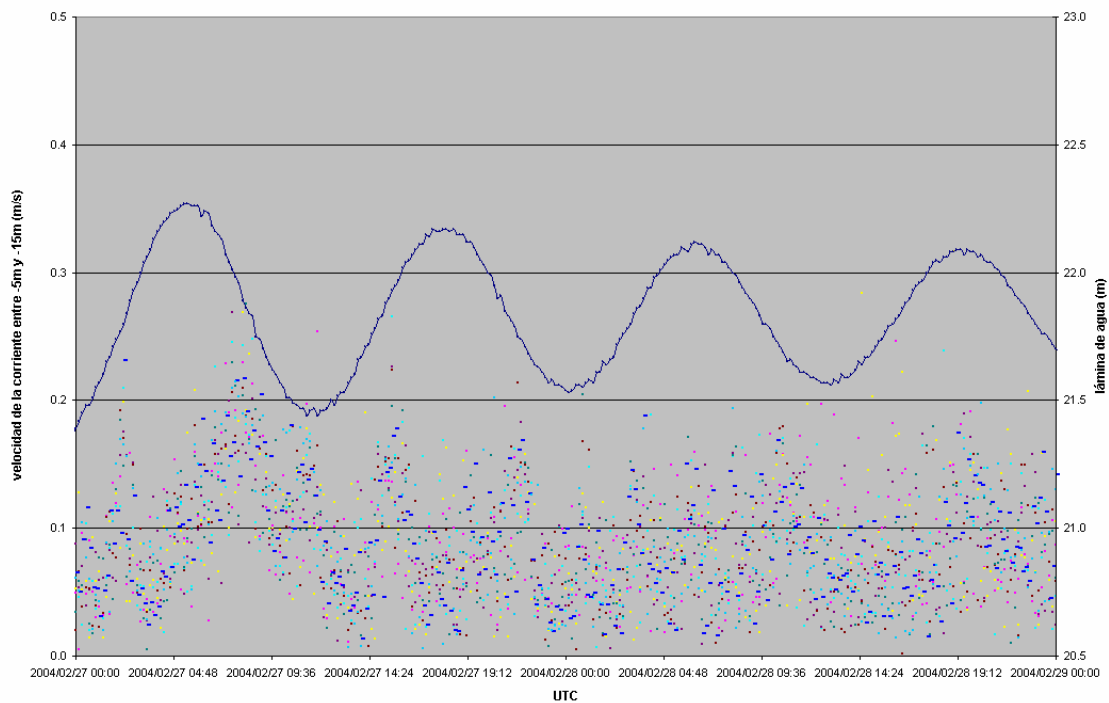
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



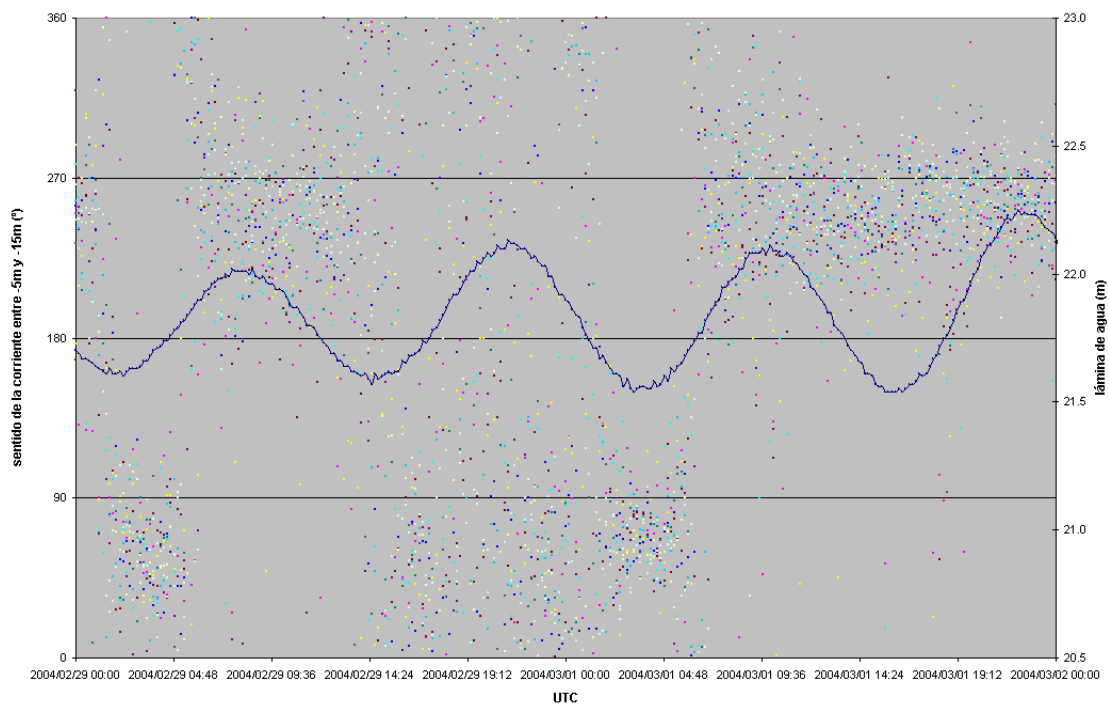
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



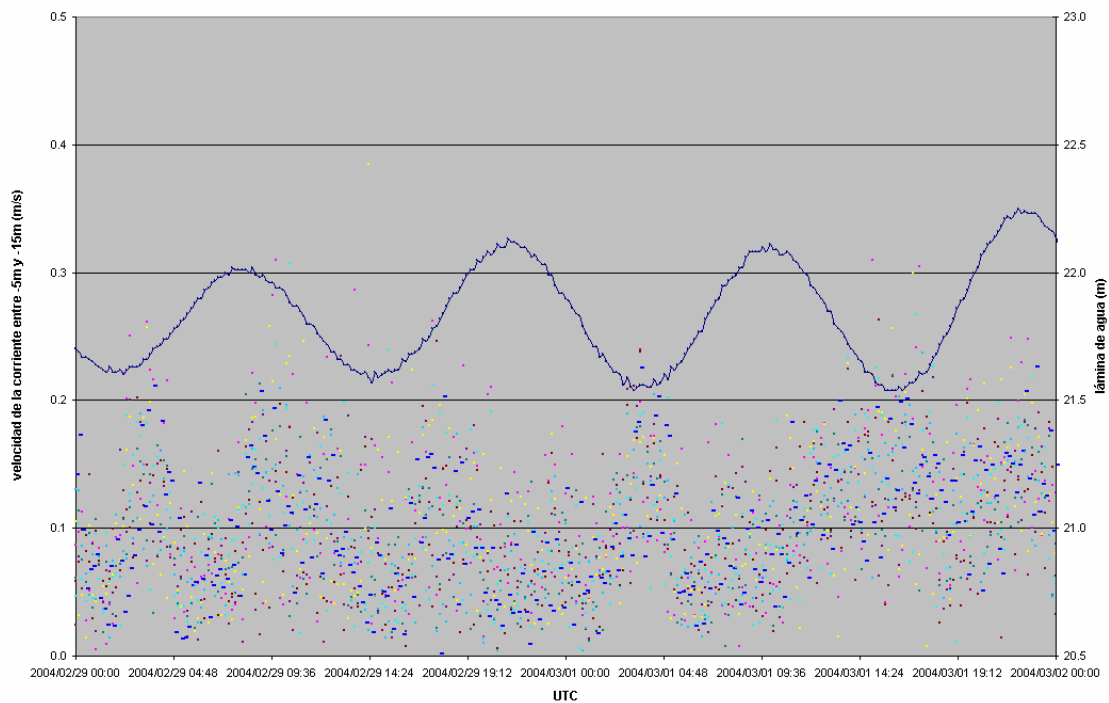
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



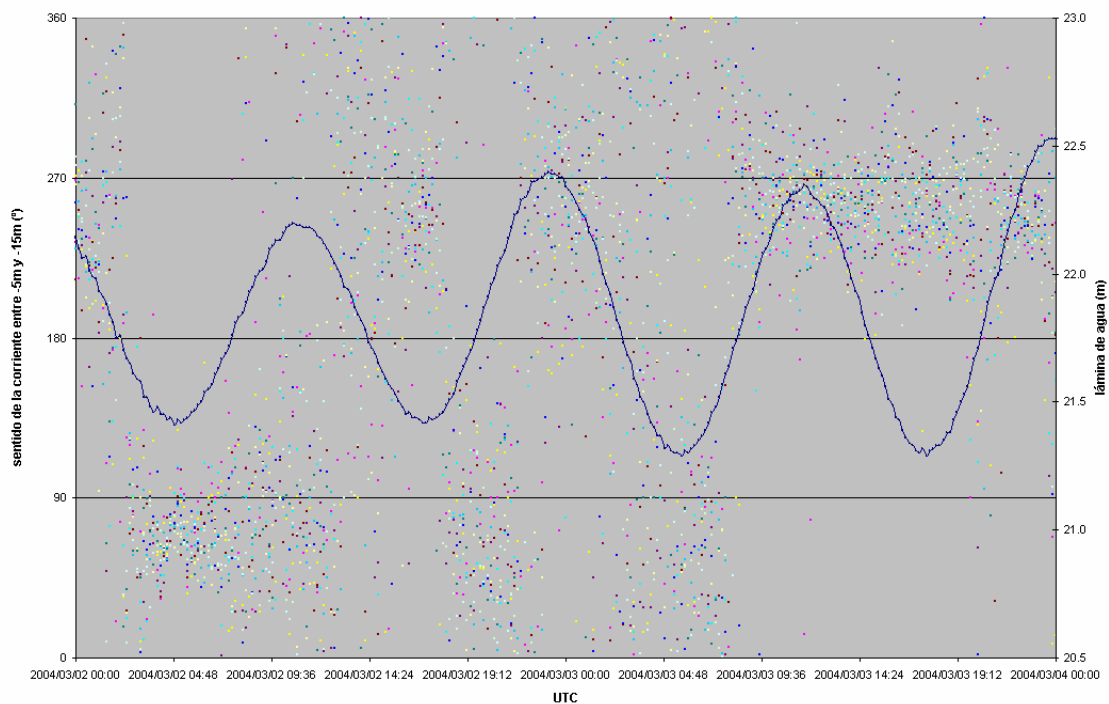
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



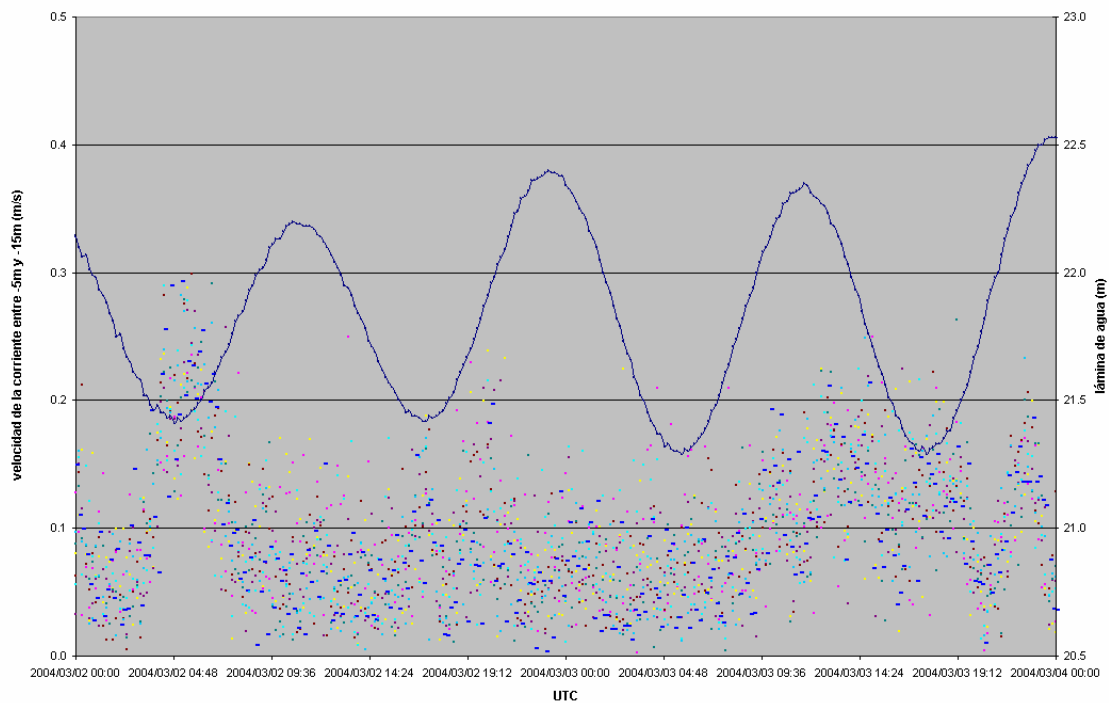
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

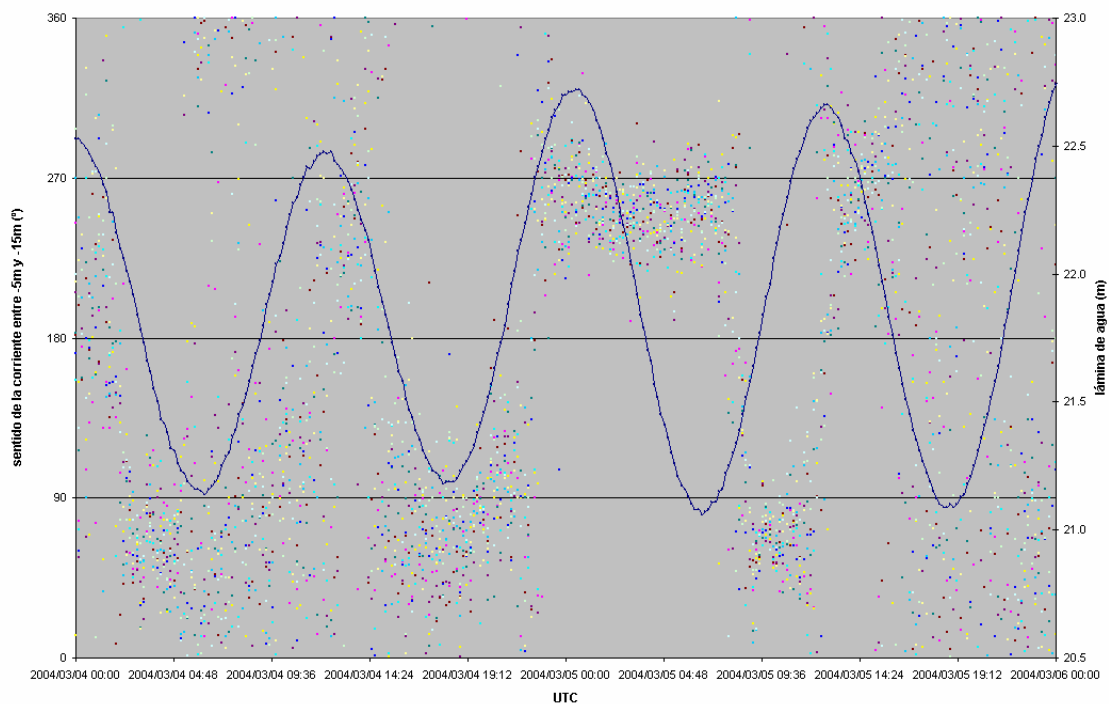
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espíndola, Marzo 2004



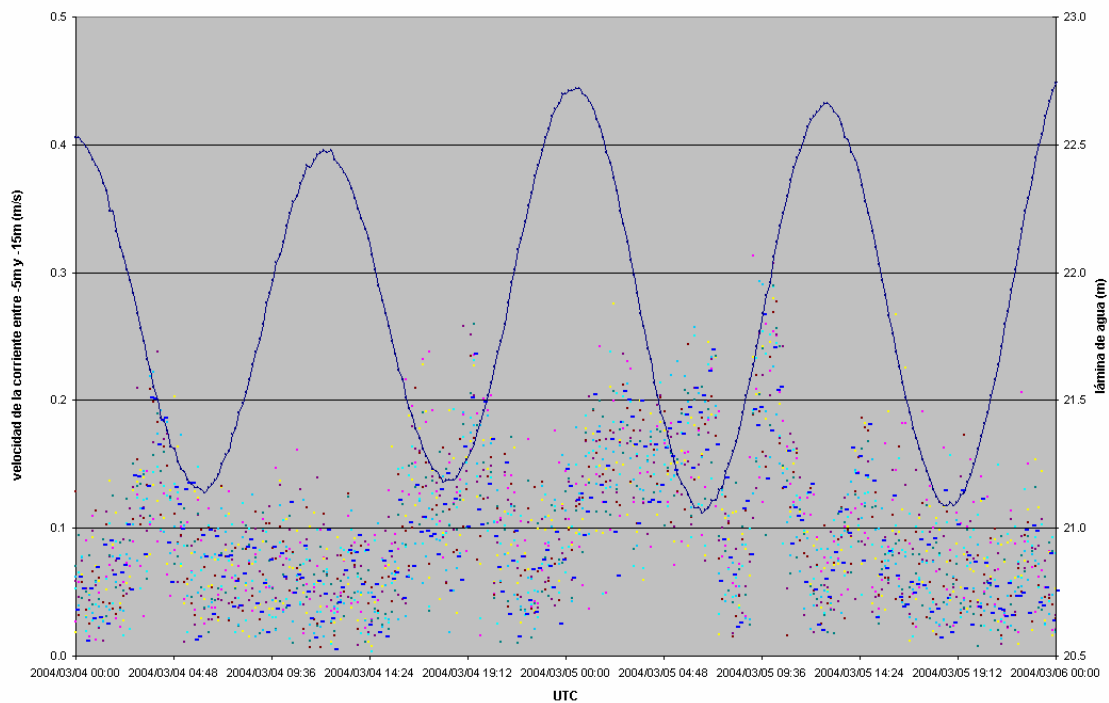
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espíndola, Marzo 2004



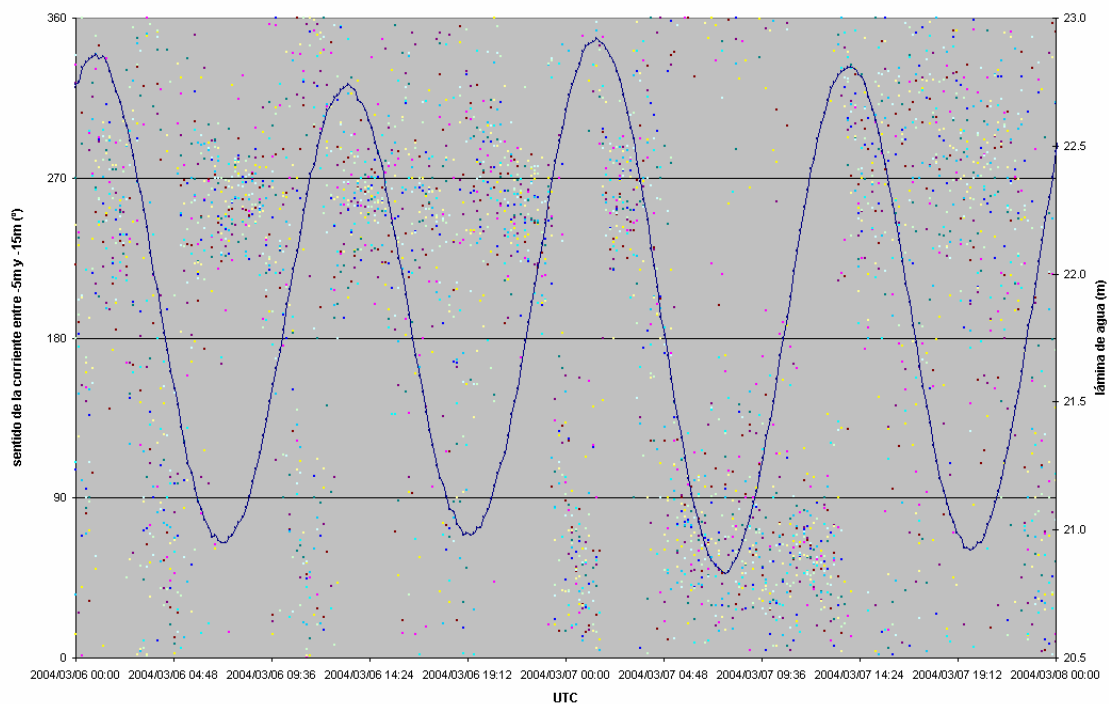
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



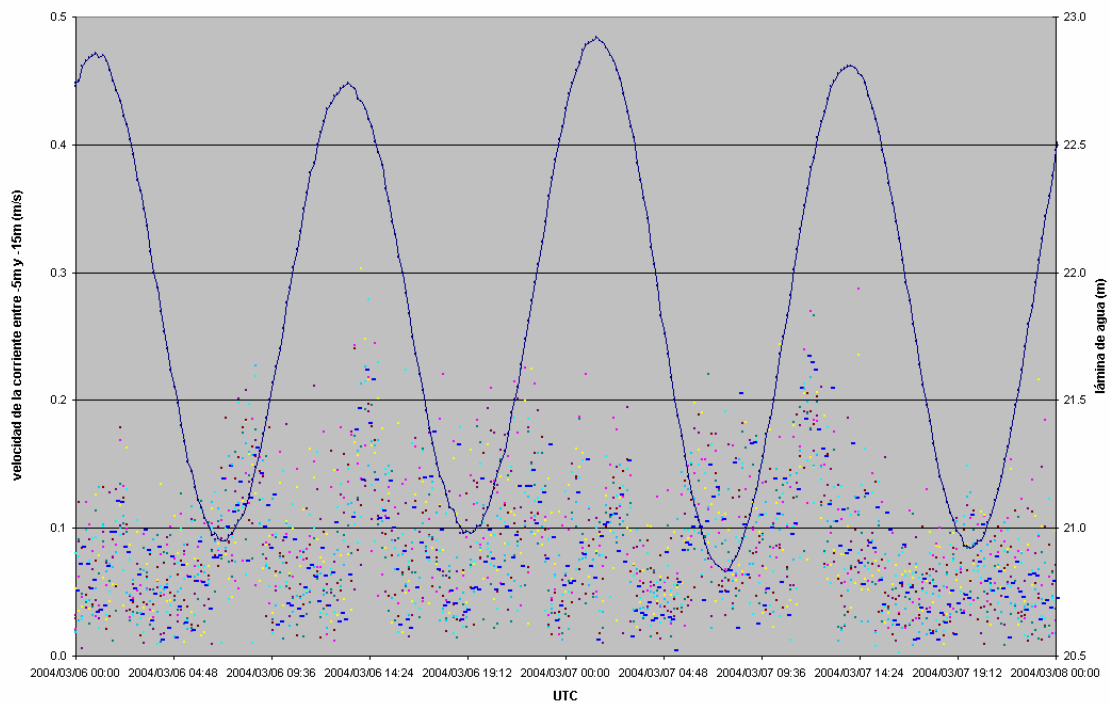
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



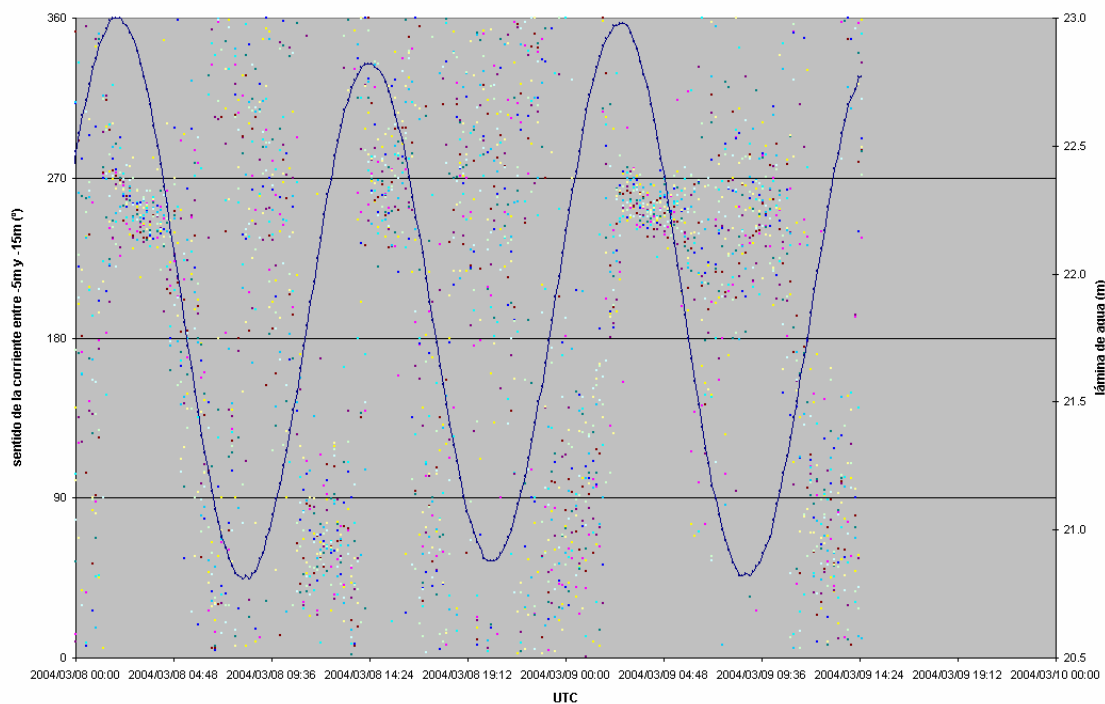
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



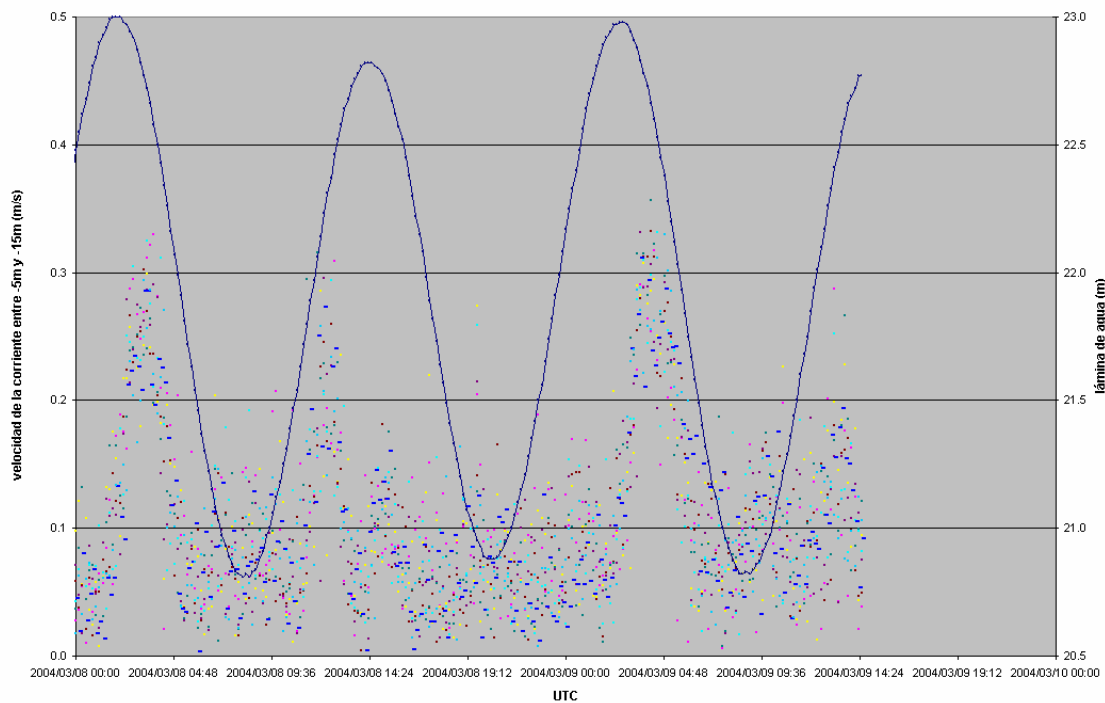
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004



SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004

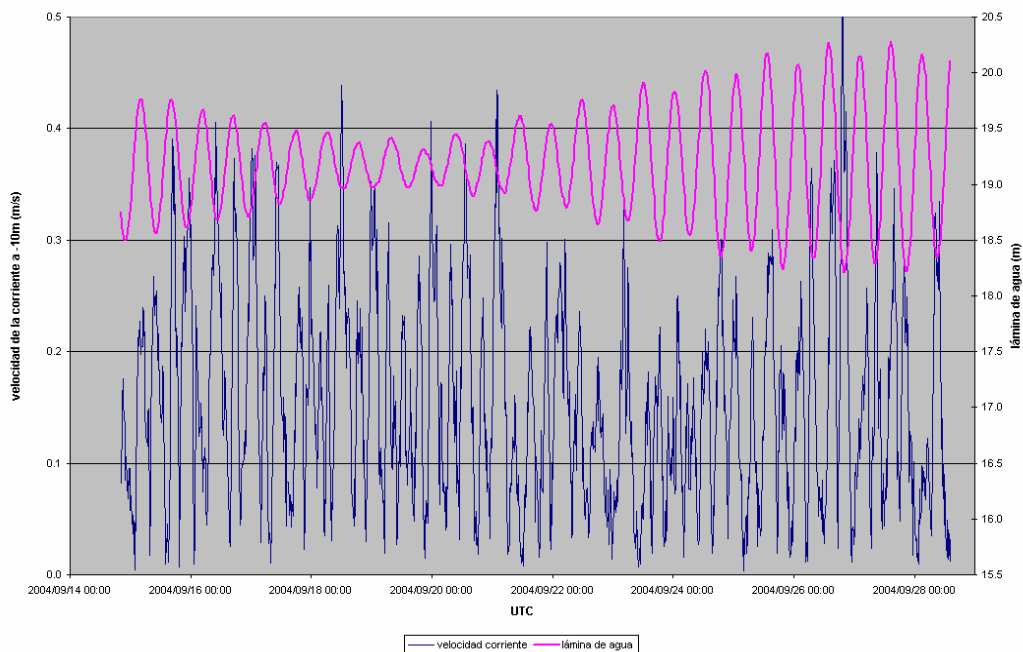


VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Marzo 2004

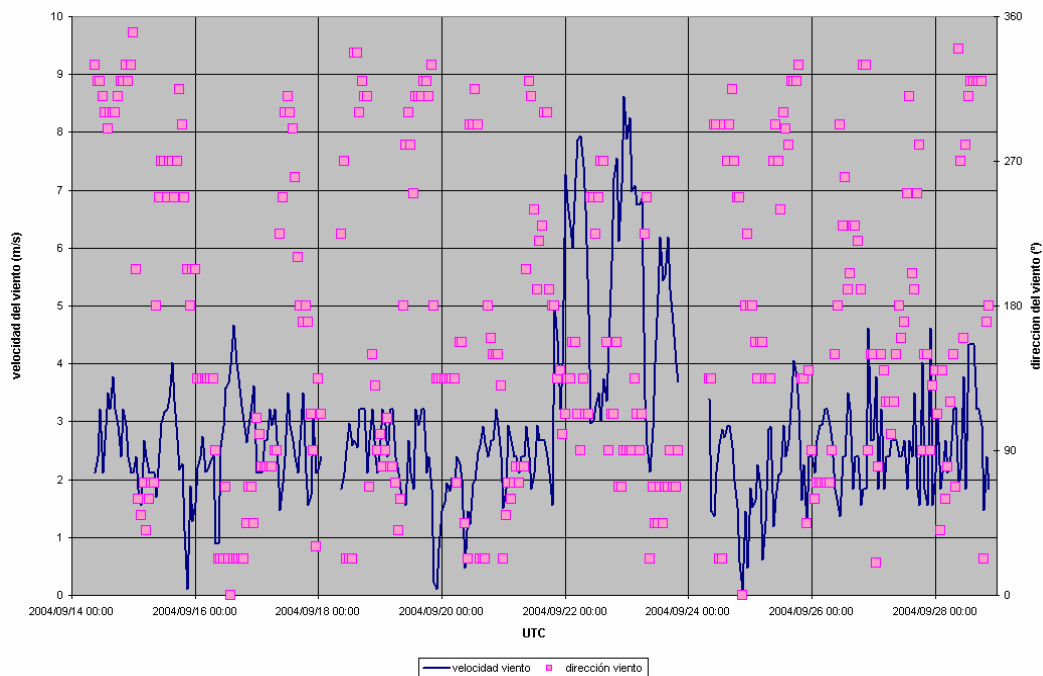


2.3.5.7. Gráficas Tazacorte septiembre-octubre de 2004

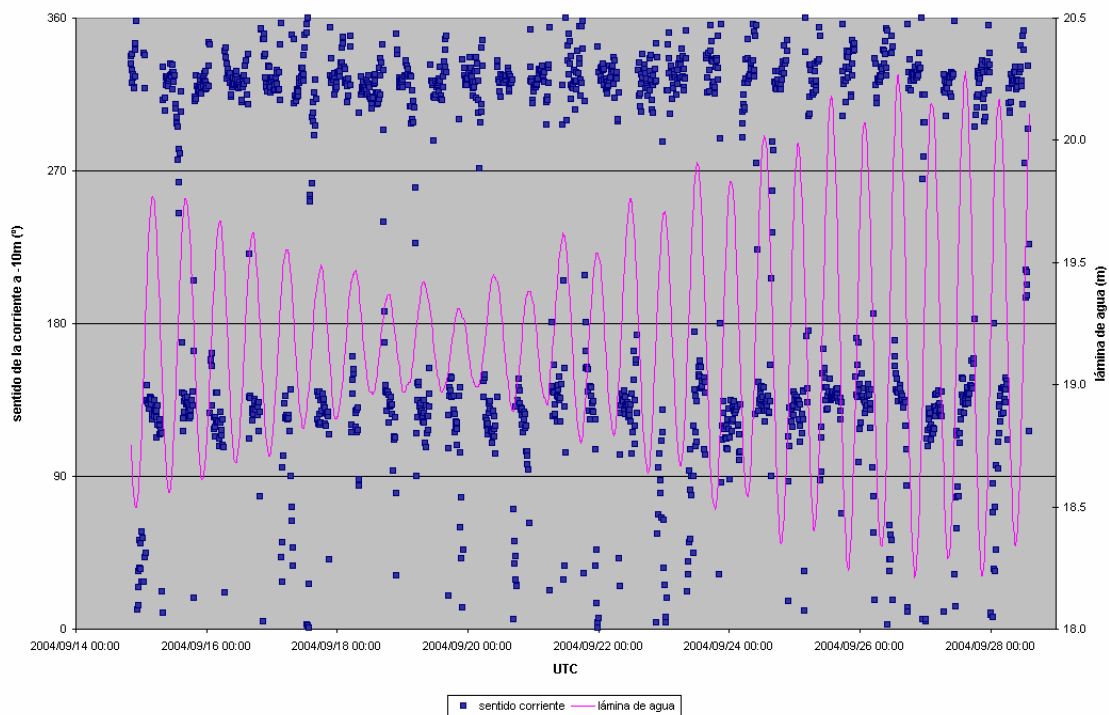
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



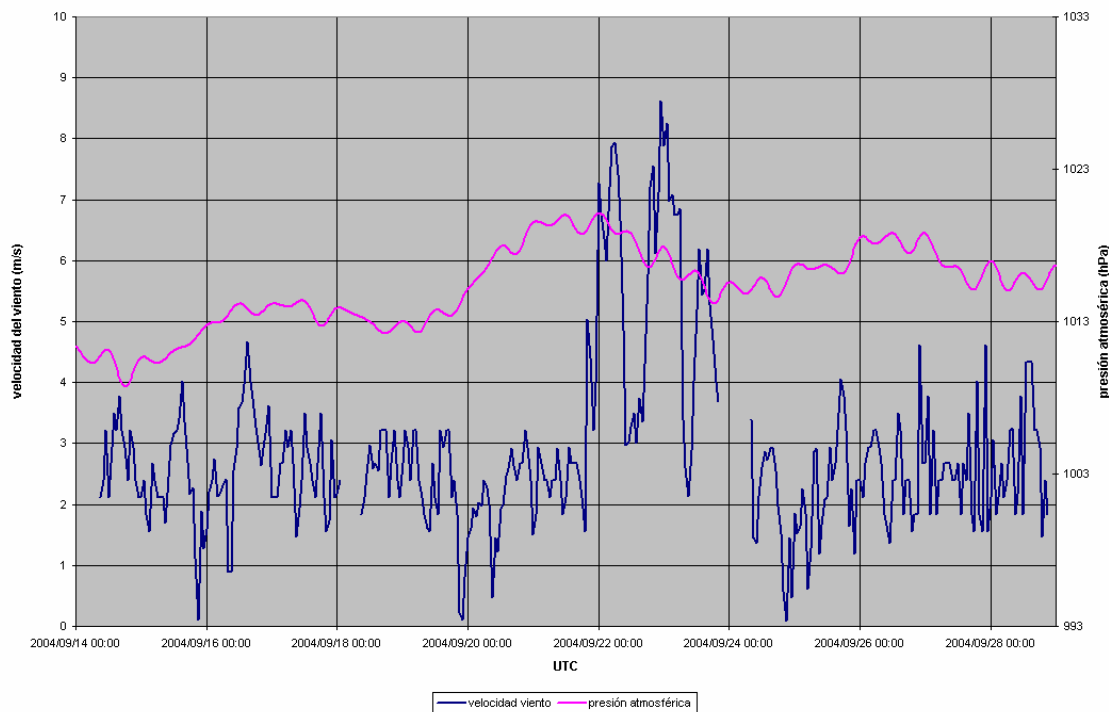
VELOCIDAD VIENTO vs DIRECCIÓN VIENTO
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



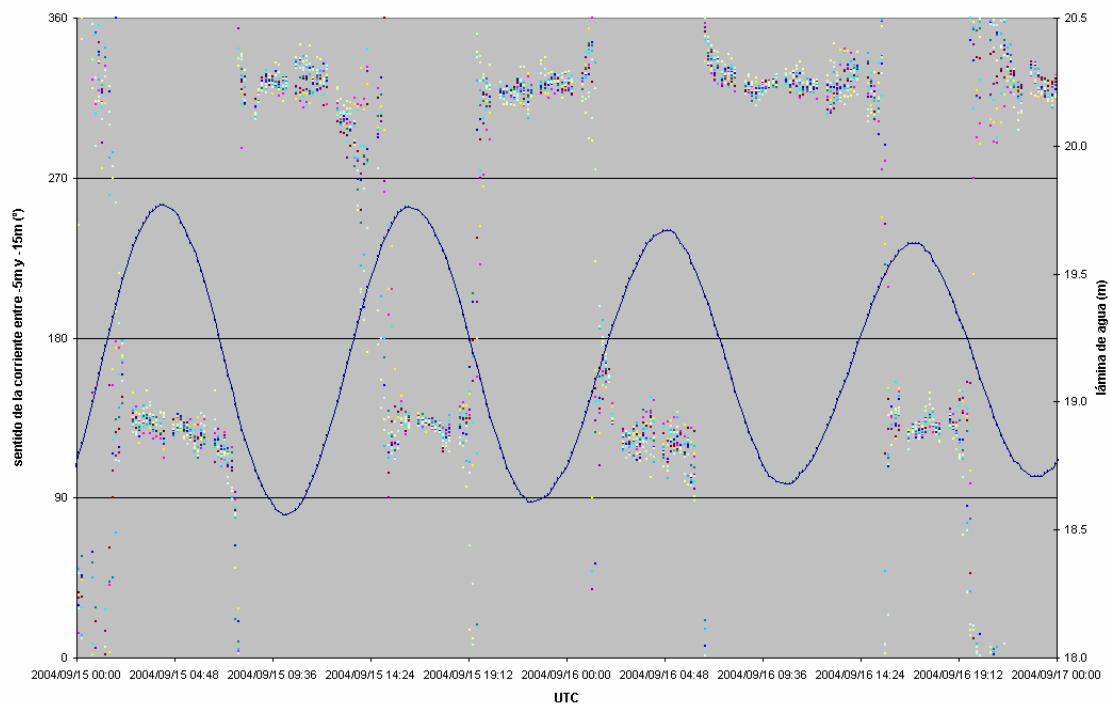
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



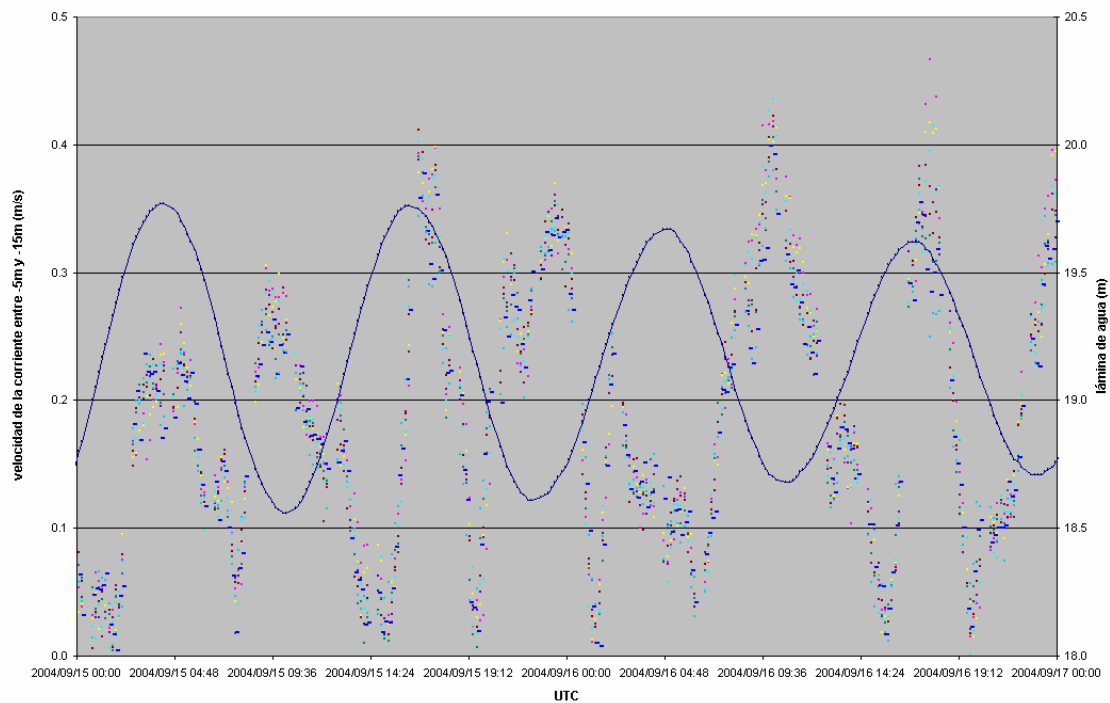
VELOCIDAD VIENTO vs PRESIÓN ATMOSFÉRICA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



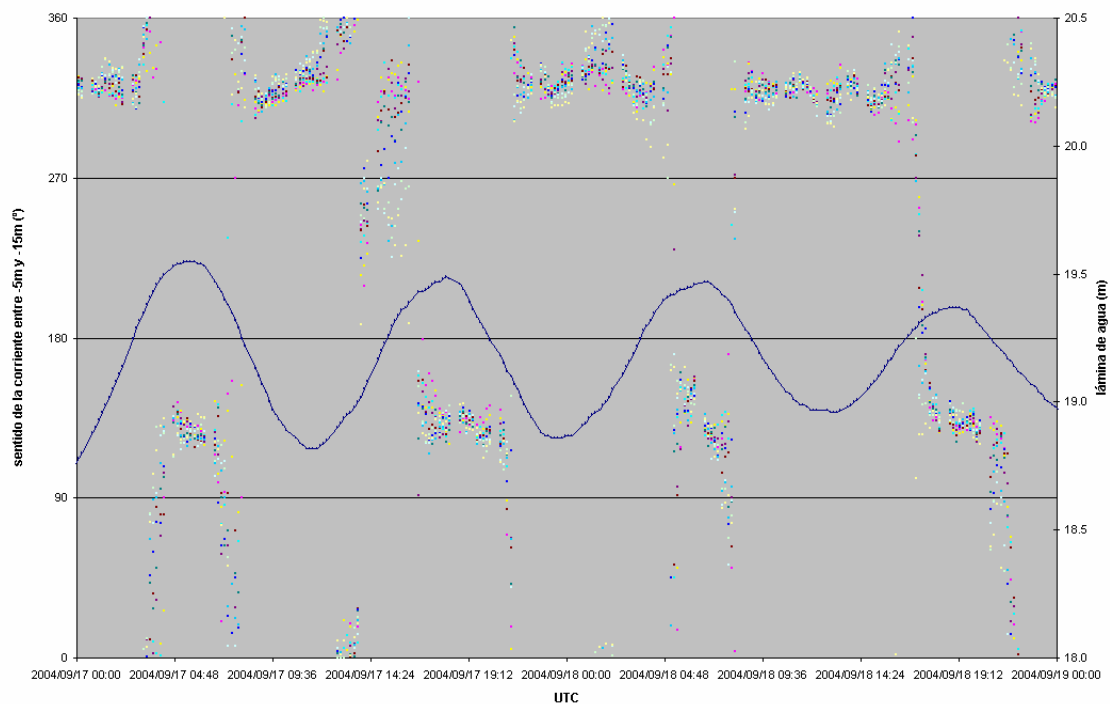
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



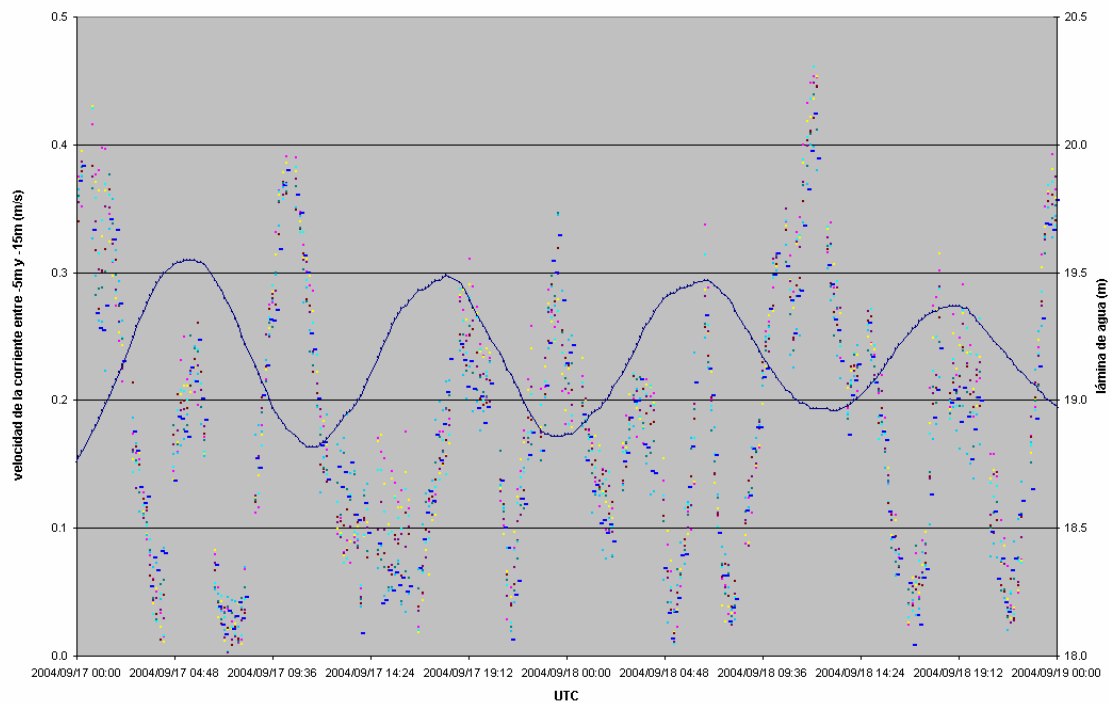
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



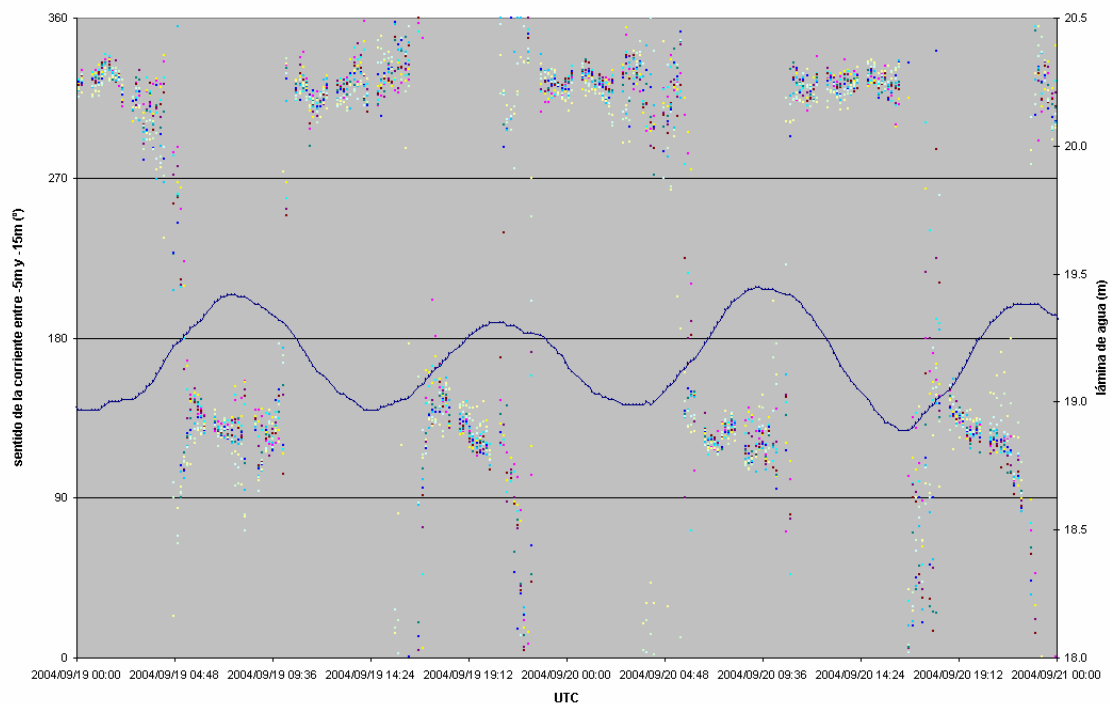
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



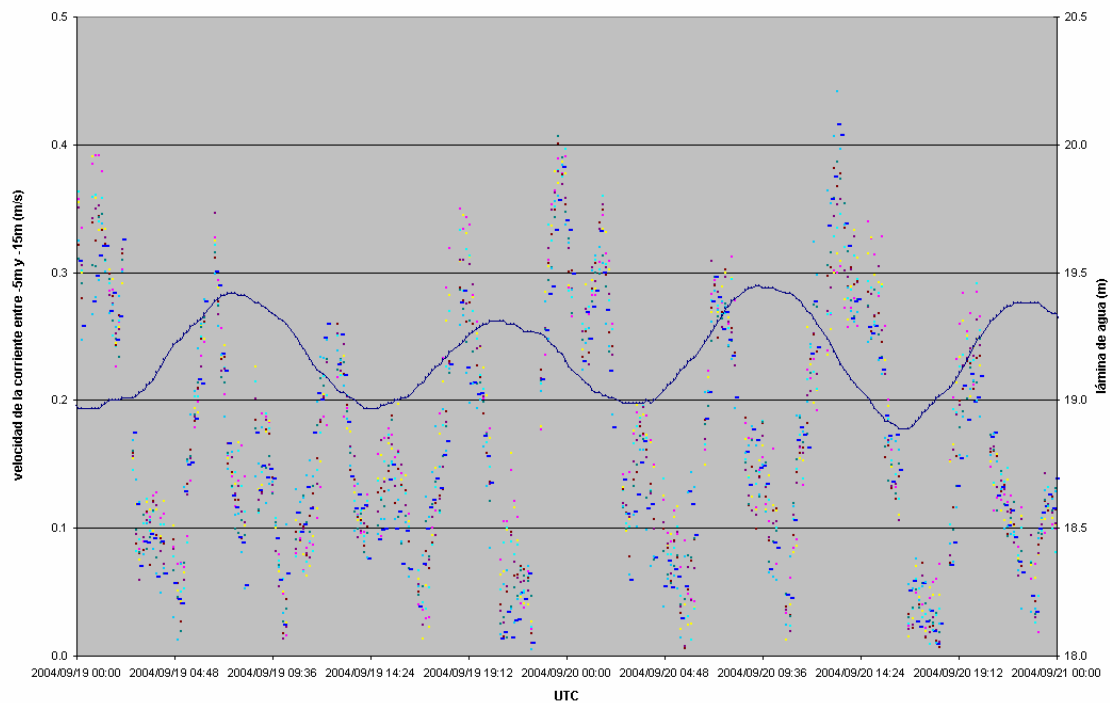
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



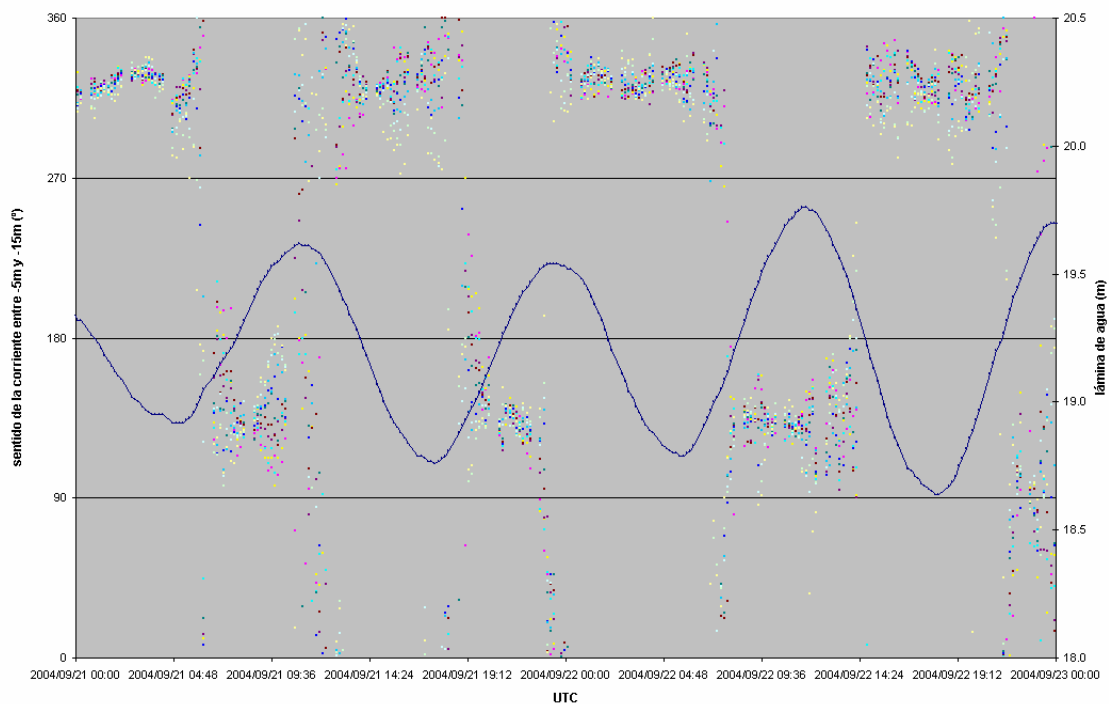
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



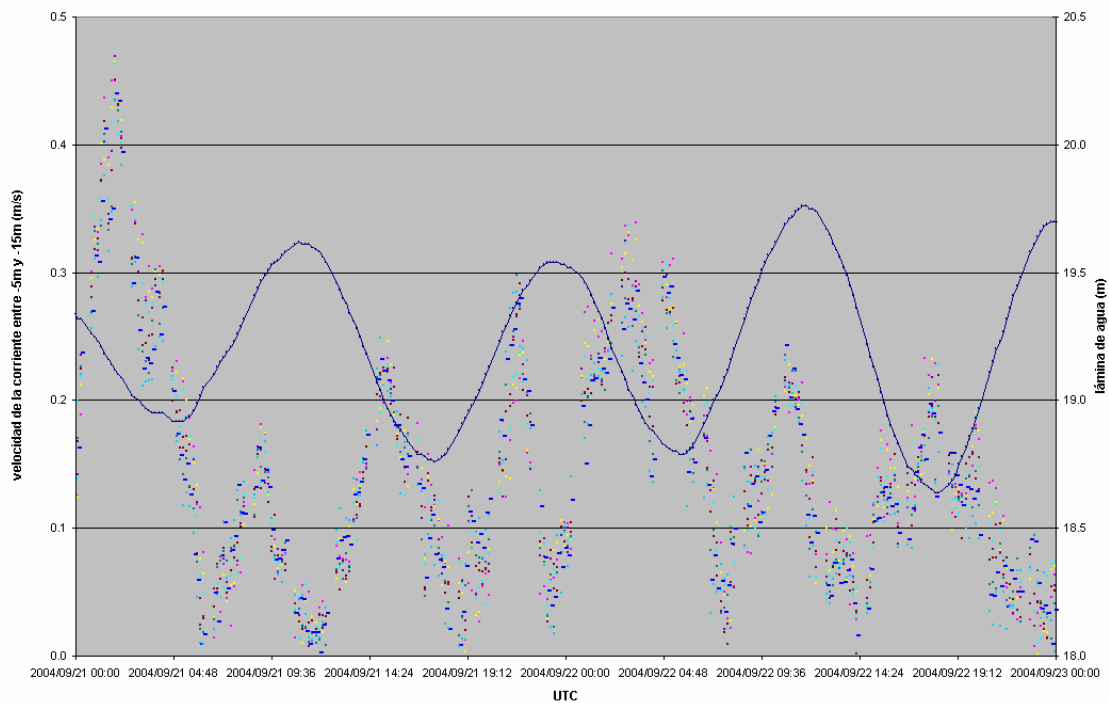
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



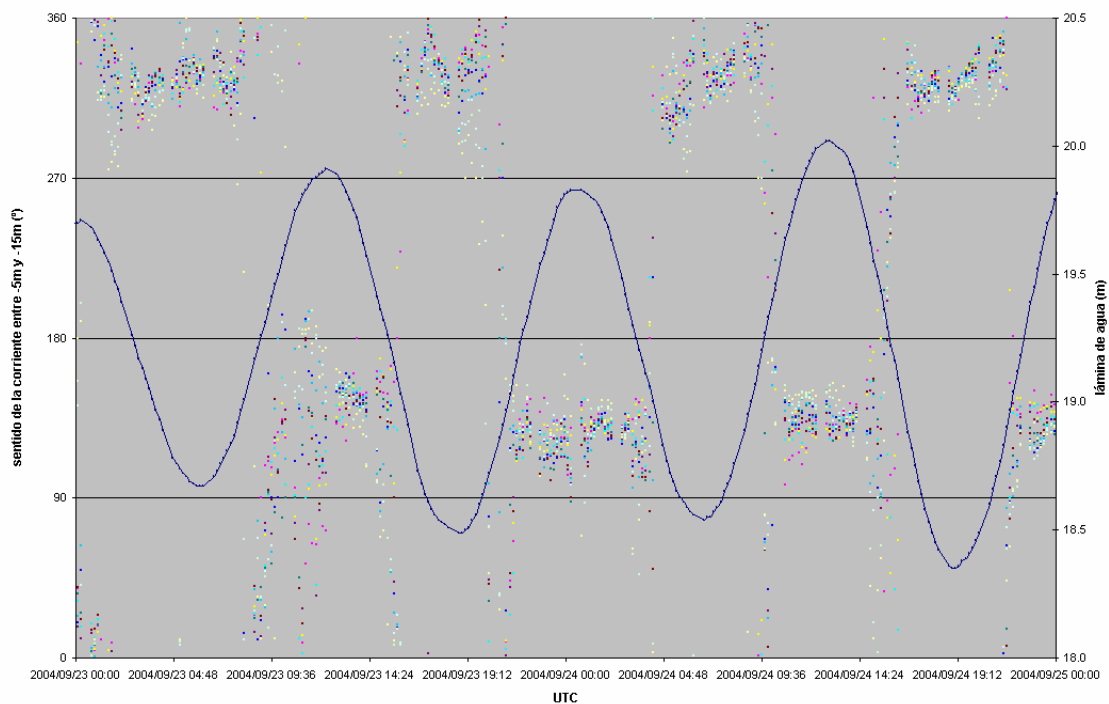
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



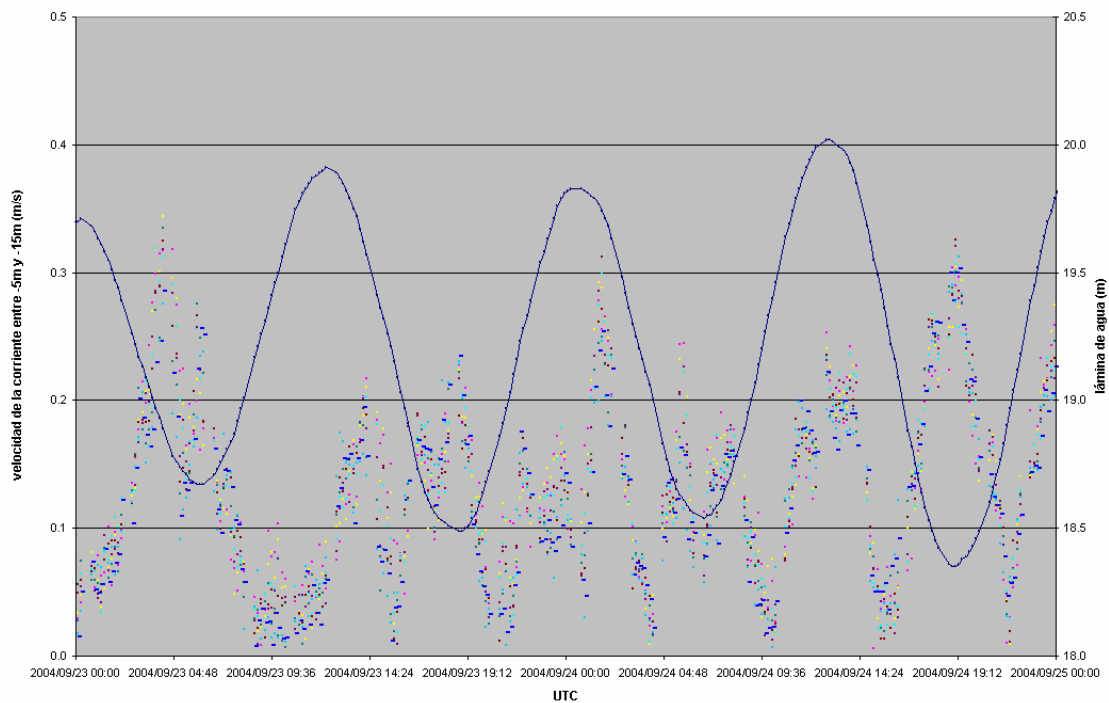
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



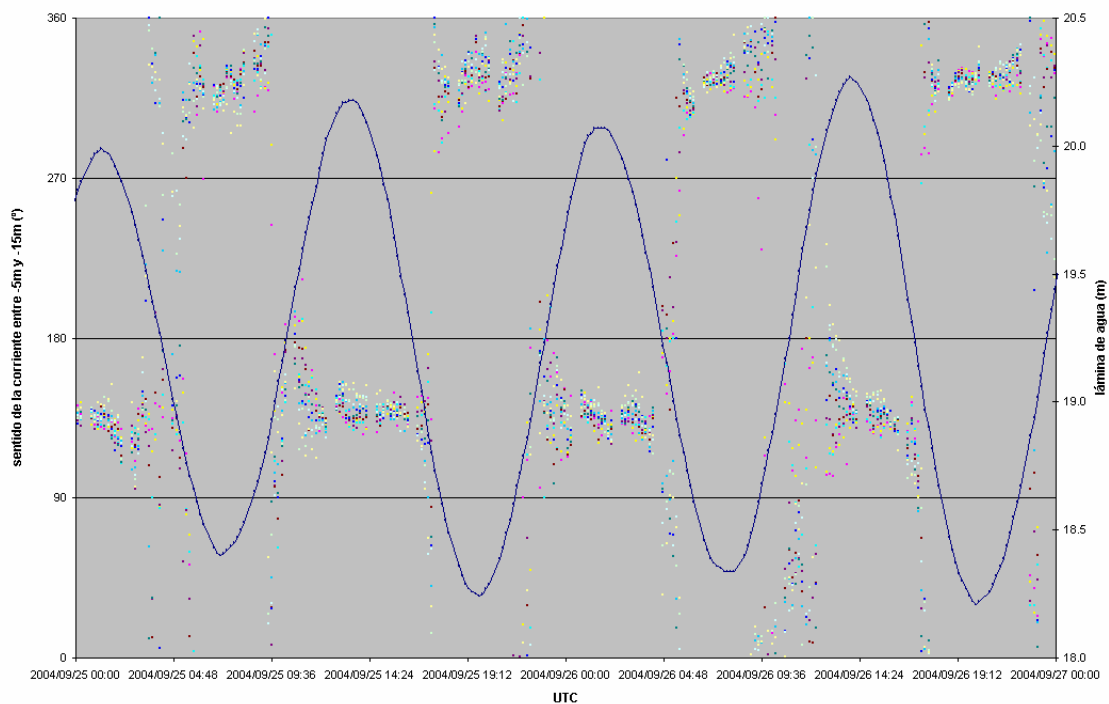
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



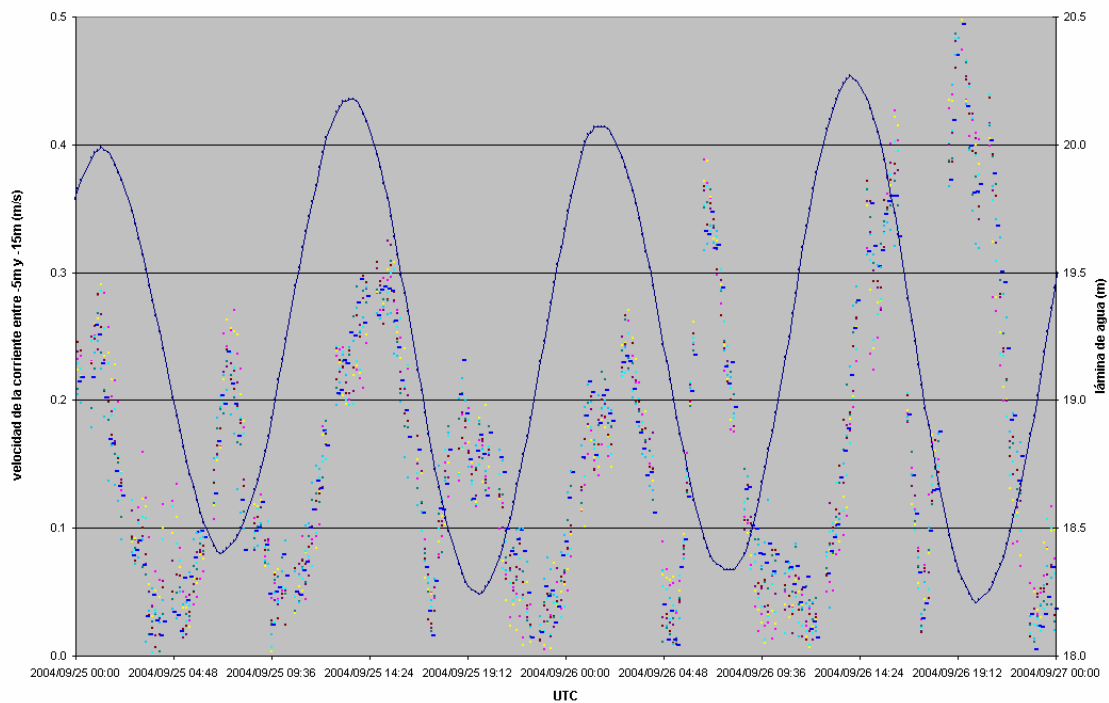
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



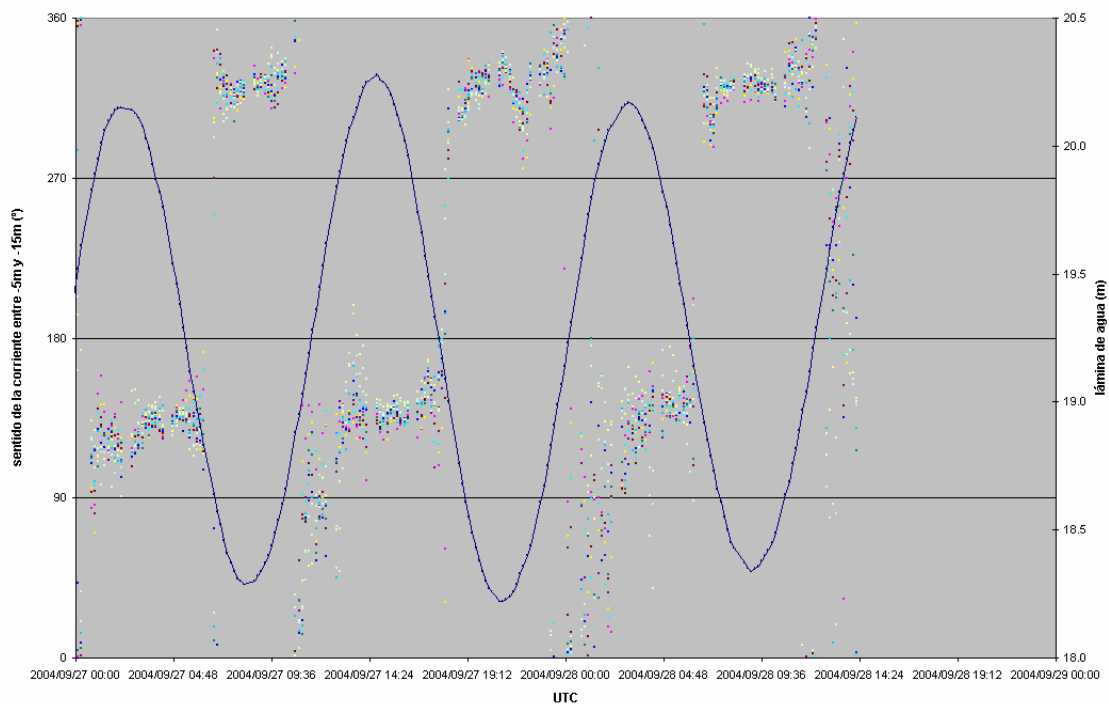
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



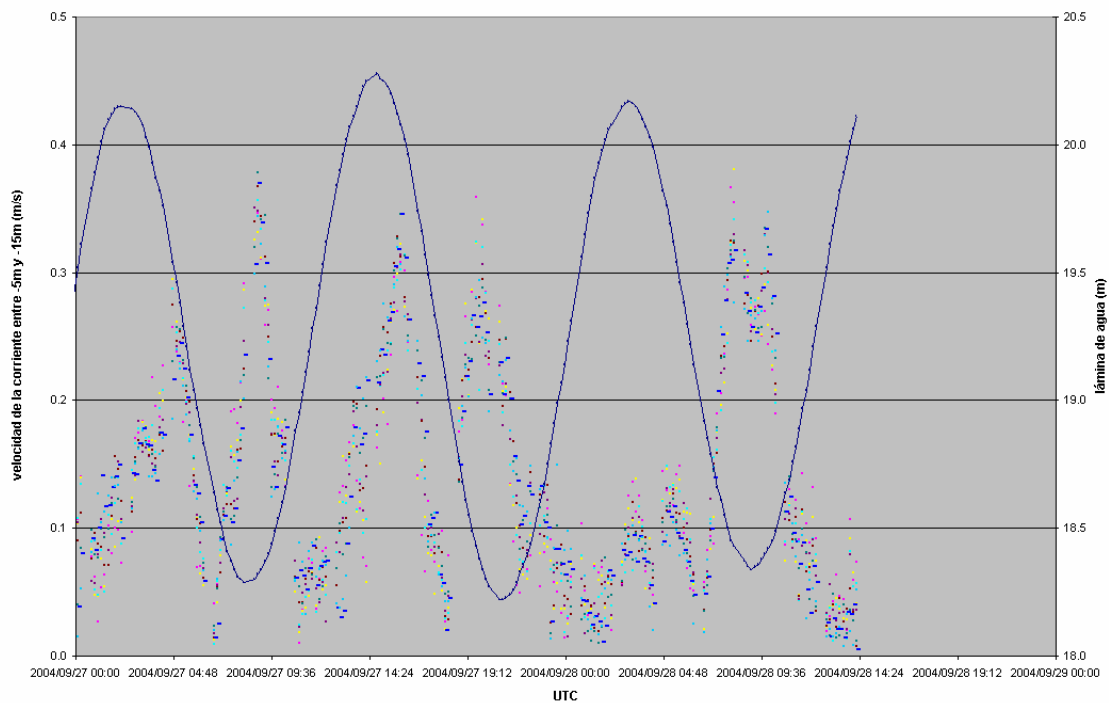
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004



SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004

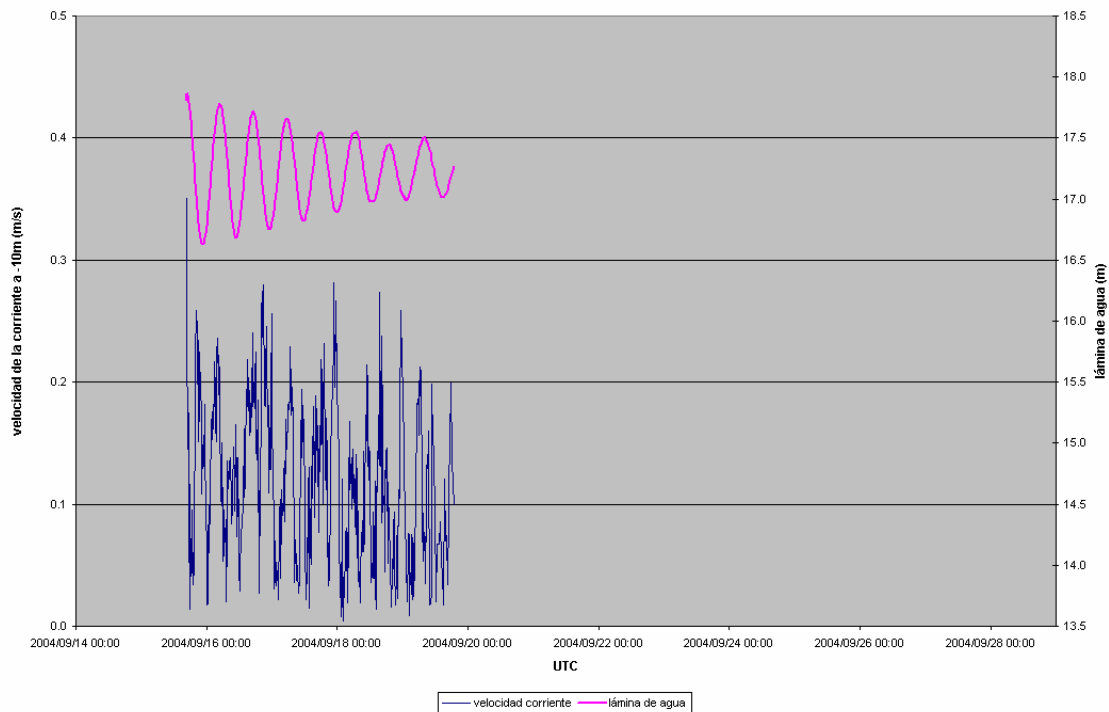


VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto de Tazacorte, Septiembre 2004

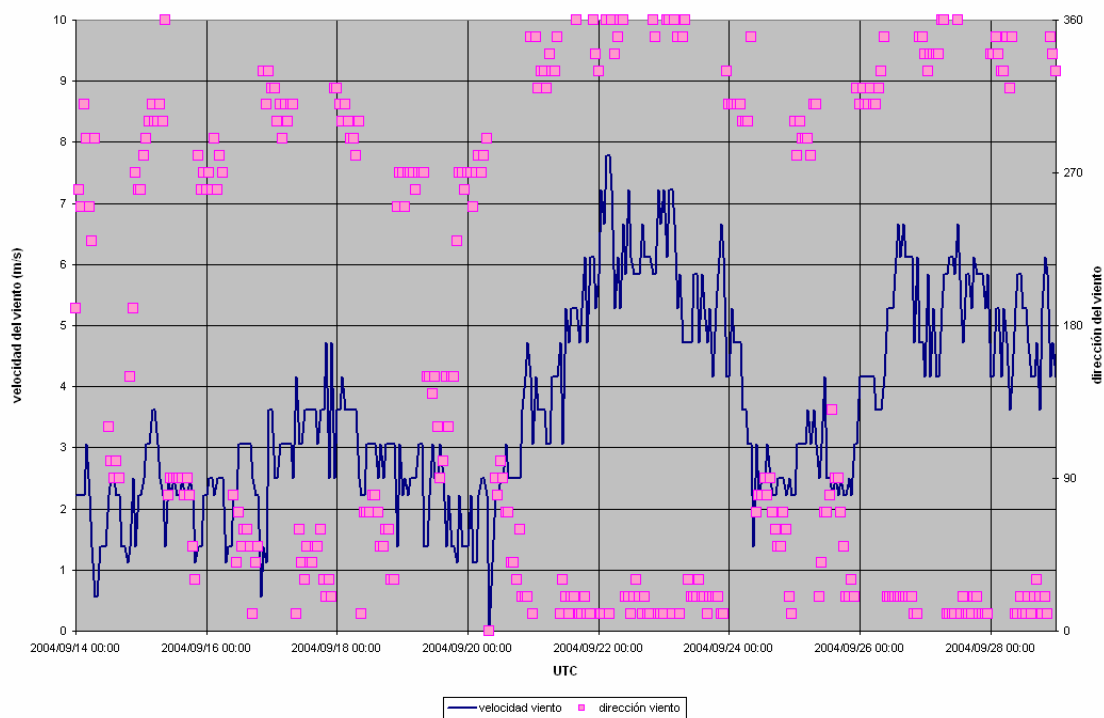


2.3.5.8. Gráficas Puerto Espíndola septiembre-octubre de 2004

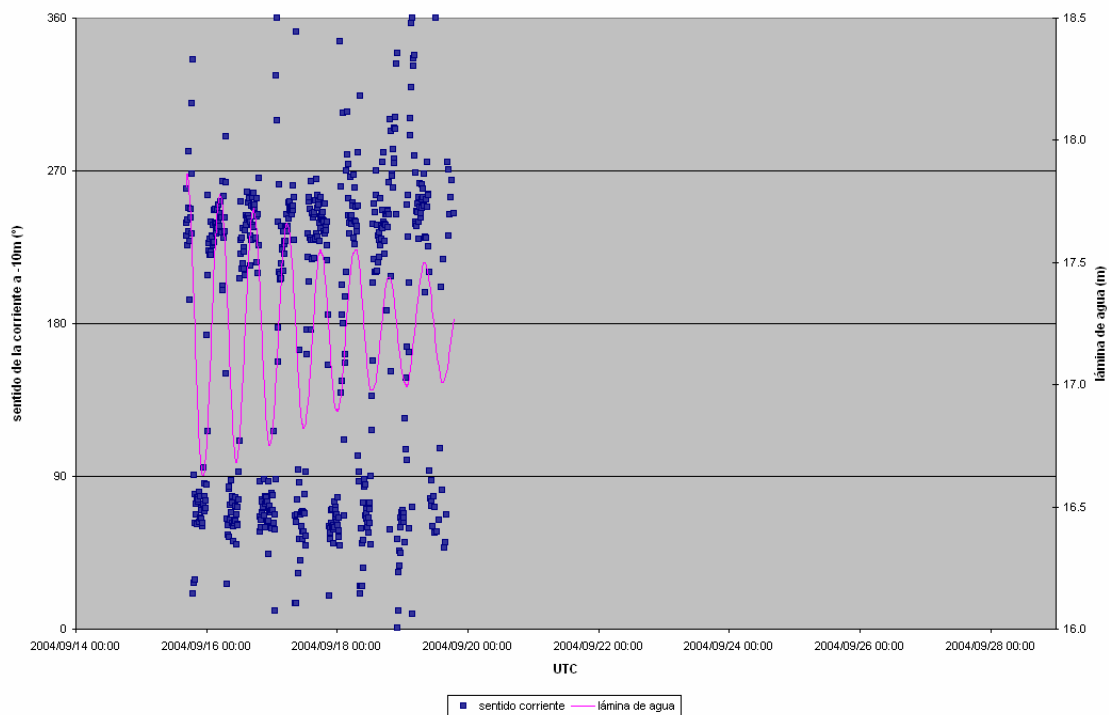
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espíndola, Septiembre 2004



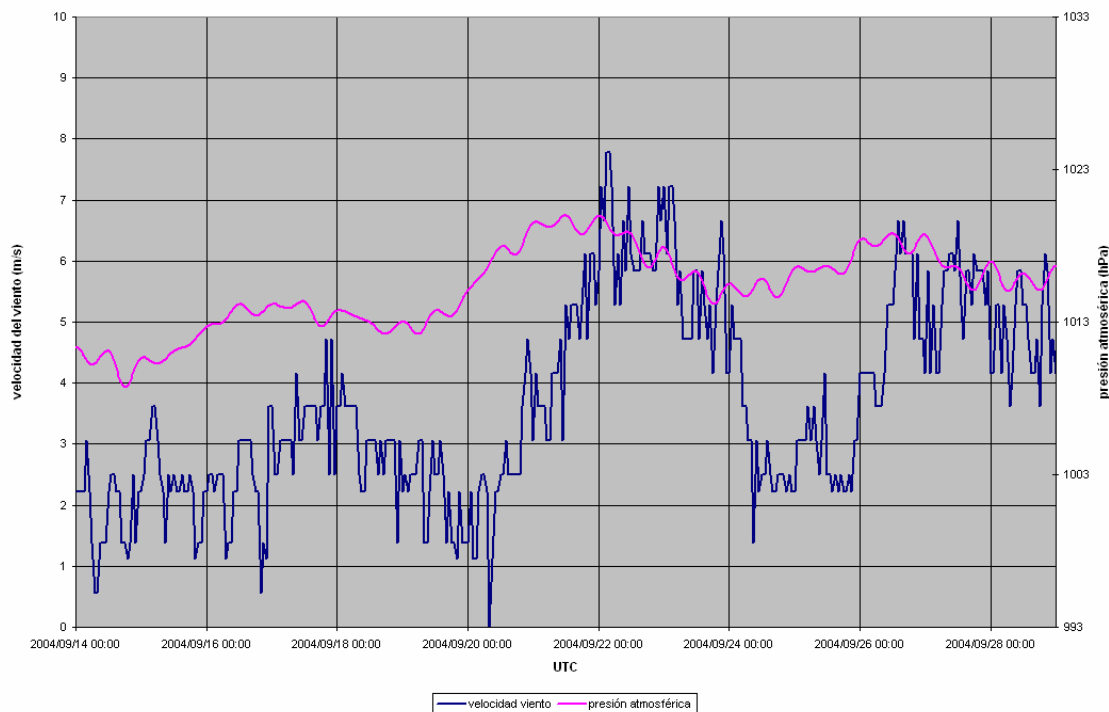
VELOCIDAD VIENTO vs DIRECCIÓN VIENTO
Puerto Espíndola, Septiembre 2004



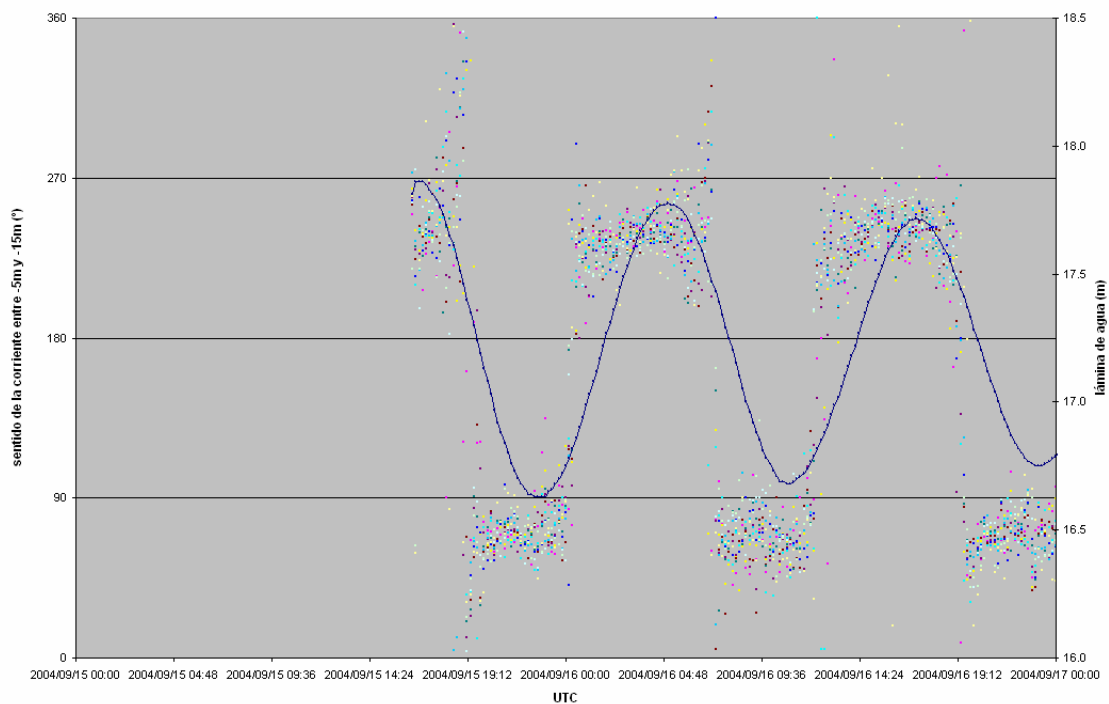
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



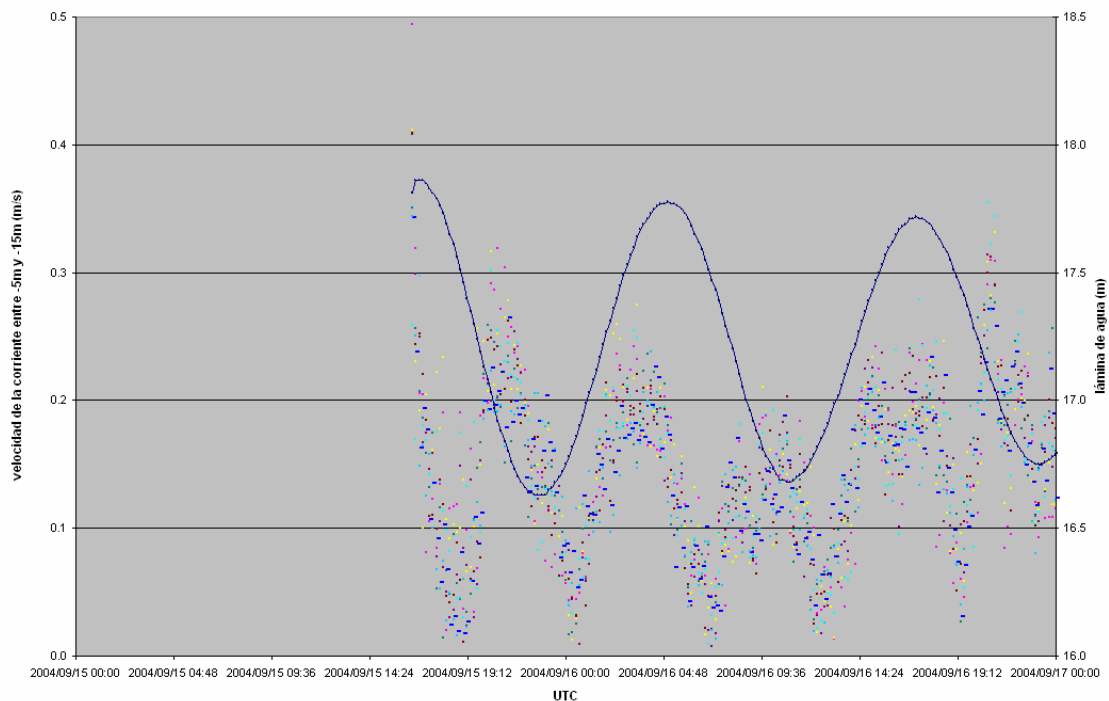
VELOCIDAD VIENTO vs PRESIÓN ATMOSFÉRICA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



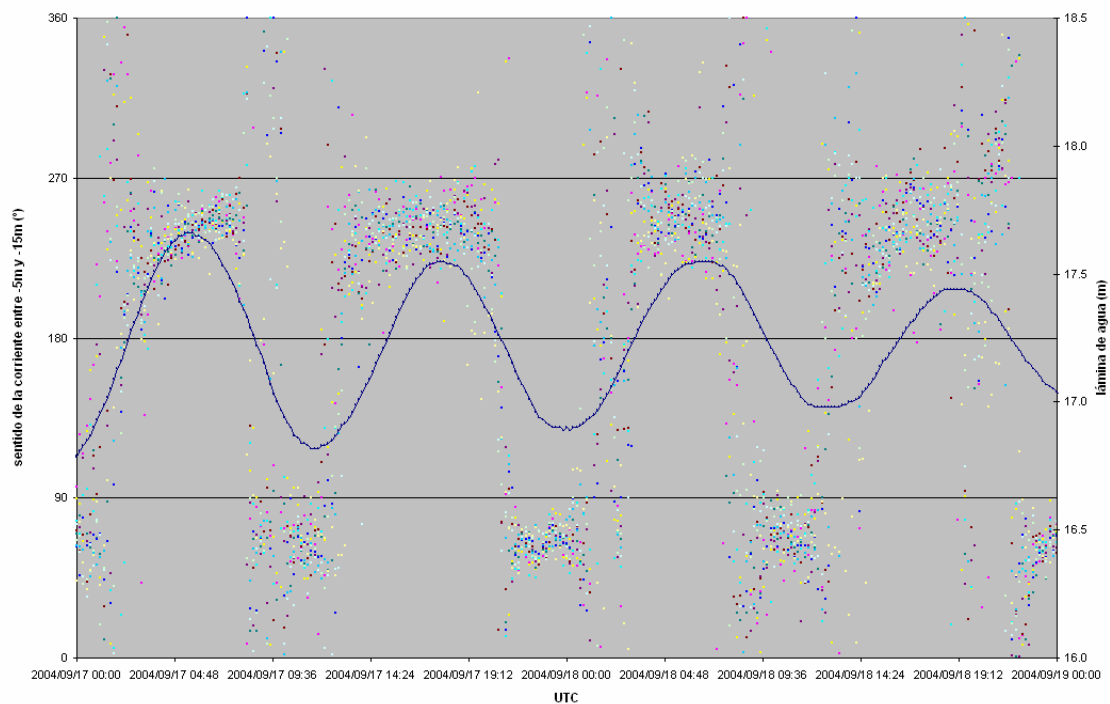
SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



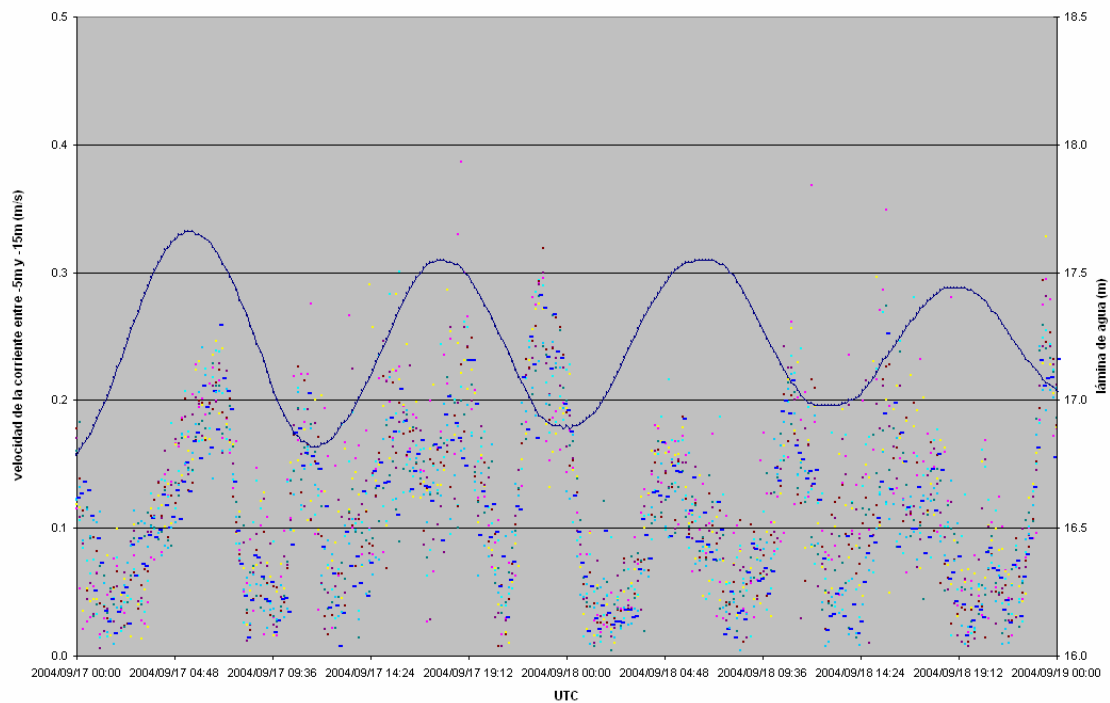
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



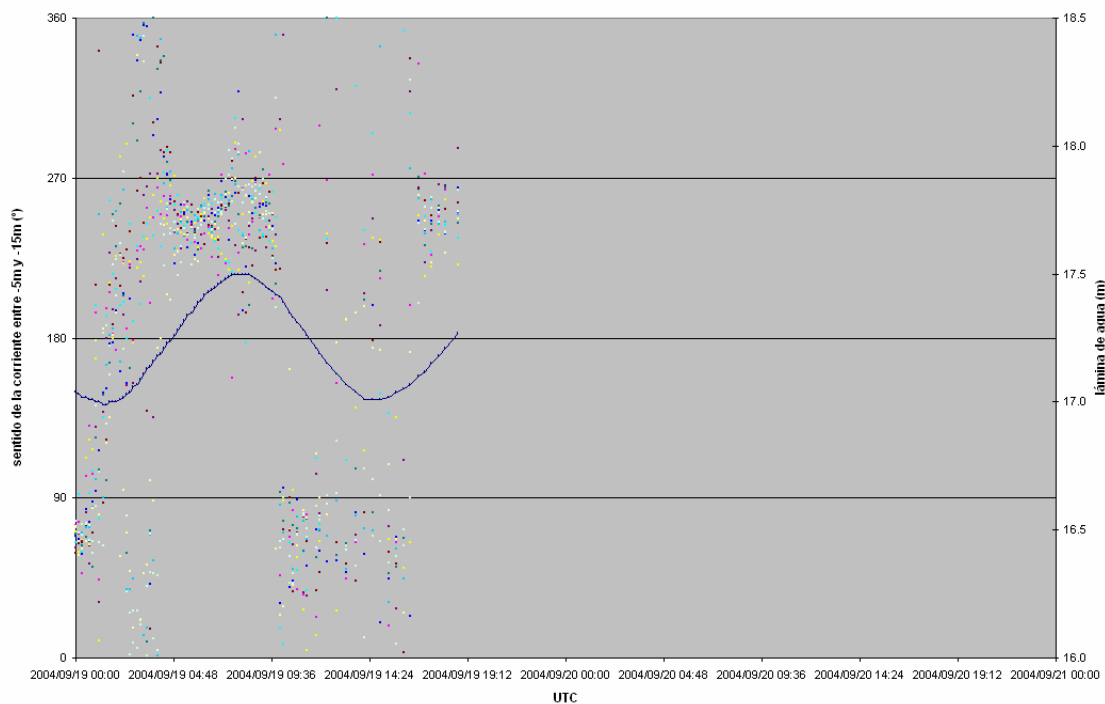
VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



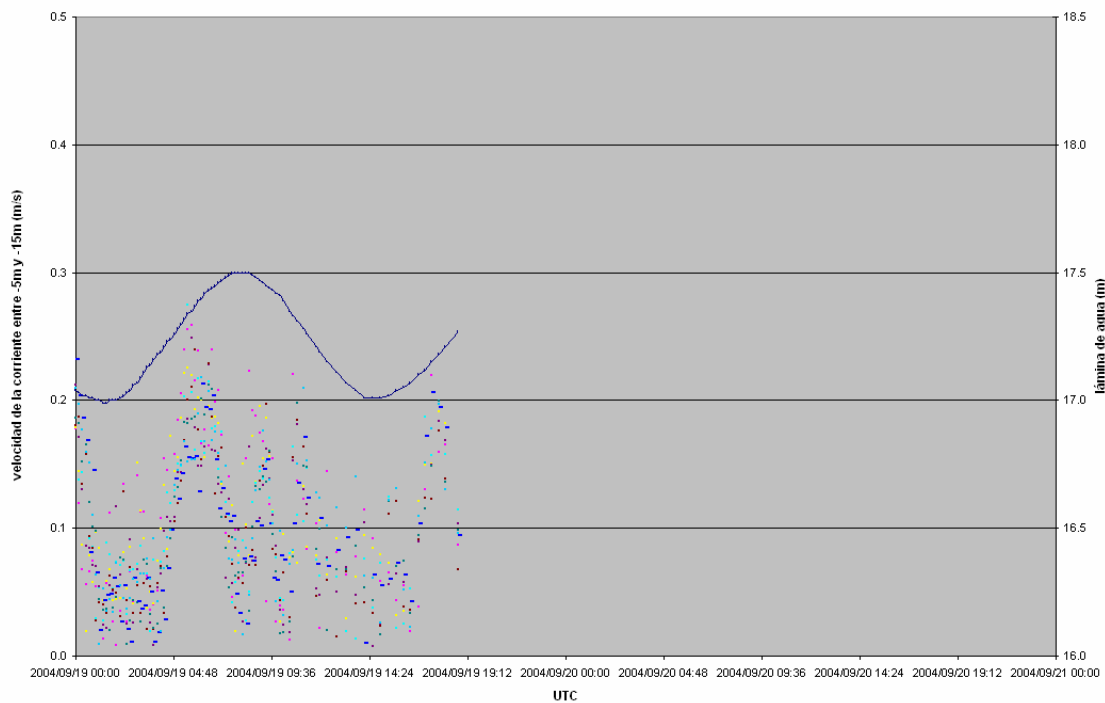
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

SENTIDO CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



VELOCIDAD CORRIENTE vs MAREA
Puerto Espindola, Septiembre 2004



2.3.6. Conclusiones sobre la toma de datos de corriente

Se ha observado una relación directa entre la dirección e intensidad de la corriente y las mareas en La Palma. El oleaje no es determinante en la dirección e intensidad de las corrientes, si bien pueden introducir patrones de turbulencia en capas superficiales. Es difícil evaluar la importancia de los vientos Alisios sobre las corrientes con la serie temporal de medidas obtenida. Sería necesario realizar campañas de medidas de corriente más ambiciosas para obtener una topografía dinámica de la zona así como para registrar la posible existencia de puntos anfidrómicos o vórtices.

2.4. Modelización hidrodinámica

El objetivo de utilizar la modelización hidrodinámica es el de poder caracterizar las corrientes marinas basándose en condiciones de borde conocidas para forzar el modelo y utilizando las mediciones de campo para su calibración. Una vez calibrado el modelo hidrodinámico es posible conocer las pautas de comportamiento de la corriente con diferentes condiciones de partida.

2.4.1. Modelo empleado

Para ejecutar este trabajo se aplicó el modelo hidrodinámico HD del sistema de modelación MIKE 21. Con dicho modelo es posible conocer las corrientes generadas en la zona de estudio a partir del forzamiento debido a los niveles del mar adyacentes en la zona, los cuales son utilizados como condiciones de borde. De esta manera, el modelo HD simula las variaciones del nivel del mar y las variaciones en el flujo, en respuesta a las funciones de forzamiento en los bordes del modelo. Los niveles del mar y los flujos son resueltos en una malla rectangular que cubre el área de interés, incluyendo los efectos de fricción de fondo, forzamiento por viento, gradientes de presión barométrica, fuerzas de Coriolis, dispersión de momentum y corrientes inducidas por oleaje.

2.4.2. Condiciones de borde

Las condiciones de borde utilizadas en el modelo fueron los niveles de marea obtenidos a partir de una modelización global de mareas con datos de armónicos conocidos, de la cual se obtuvieron los niveles para los cuatro bordes del modelo. La siguiente figura muestra la batimetría utilizada en un primer nivel, forzando con los niveles de marea obtenidos del modelo global. Utilizando un modelo anidado, se propagó la onda de marea de los bordes hacia la zona de interés, en donde se utilizó una batimetría más fina para conocer las corrientes en torno a la isla.

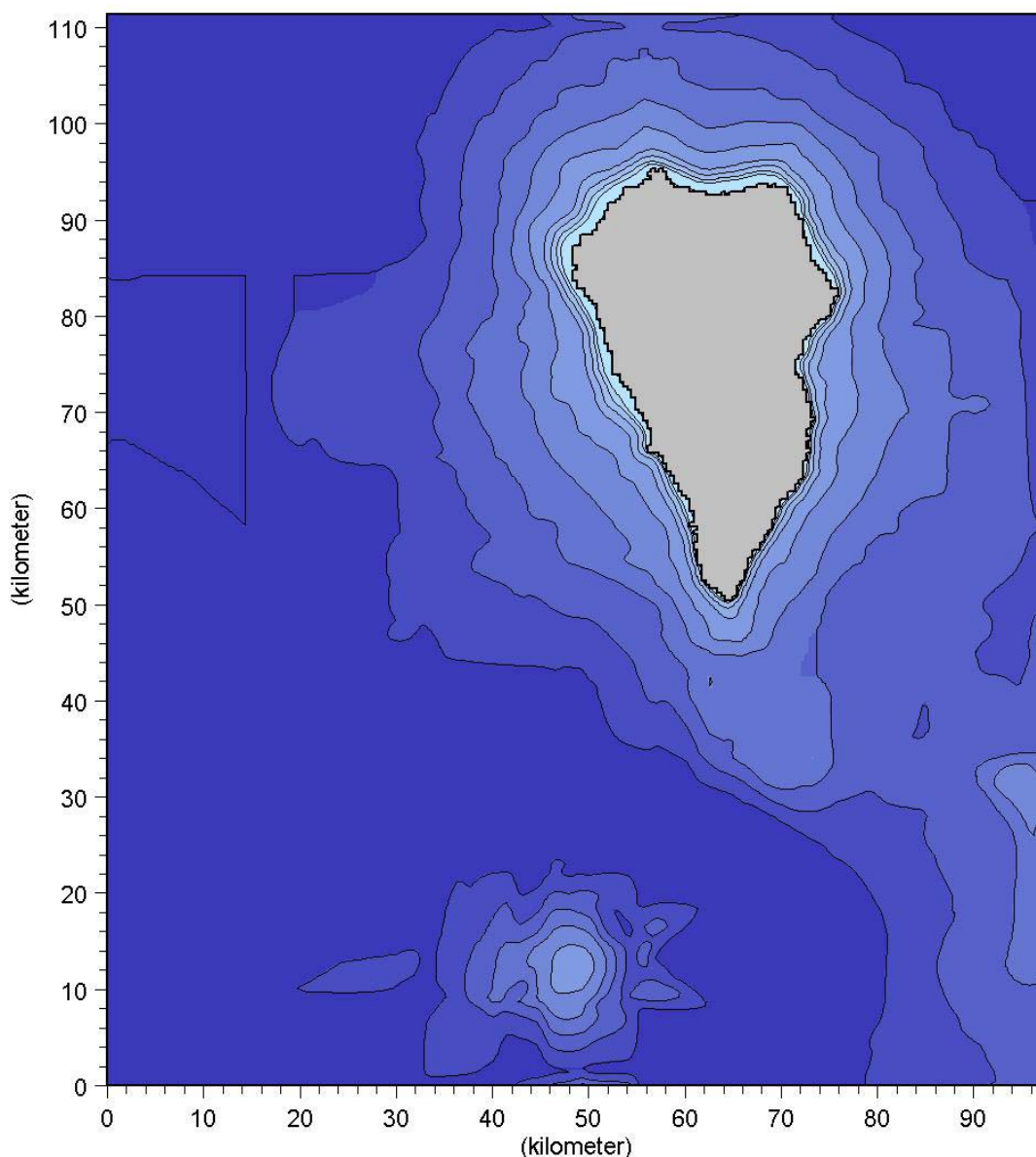


Figura 44 .- Batimetría general utilizada para la modelización hidrodinámica

La información necesaria para realizar la modelización de las corrientes corresponde a los niveles del mar en distintas ubicaciones a fin de englobar la zona de estudio; así se obtuvieron las constantes armónicas del modelo global para los puntos geográficos señalados en la Tabla 1.

Punto	Latitud	Longitud
1	28°N	18.5°W
2	28.5°N	18.5°W
3	29°N	18.5W
4	29°N	18°W
5	29°N	17.5°W
6	28.5°N	17.5°W
7	28°N	17.5°W
8	28°N	18°W

Tabla 1.- Ubicación geográfica de la información de constantes armónicas utilizadas

La Tabla 2 muestra las constantes armónicas correspondientes a los puntos establecidos

Punto	M2		S2		K1		O1	
	fase	amplitud	fase	amplitud	fase	amplitud	fase	amplitud
1	23.5	572.97	44.9	232.83	38.61	55.61	291.3	42.15
2	26.27	586.75	47.56	235.91	40.27	55.63	293.05	42.02
3	29.15	602.36	50.35	239.35	41.91	55.58	294.49	41.80
4	29.67	629.45	51.09	248.39	42.00	56.45	294.99	42.46
5	31.02	656.77	52.45	257.47	42.12	57.12	295.23	43.33
6	28.15	641.21	49.68	254.04	40.49	57.27	293.68	43.69
7	23.33	611.07	44.95	246.51	38.42	57.49	291.99	43.84
8	23.72	593.01	45.25	239.92	38.54	56.49	291.78	42.98

Tabla 2.- Constantes armónicas utilizadas

La Figura 45 muestra la batimetría utilizada en las simulaciones del modelo global, incluyendo los puntos utilizados para suministrar la información de las constantes armónicas.

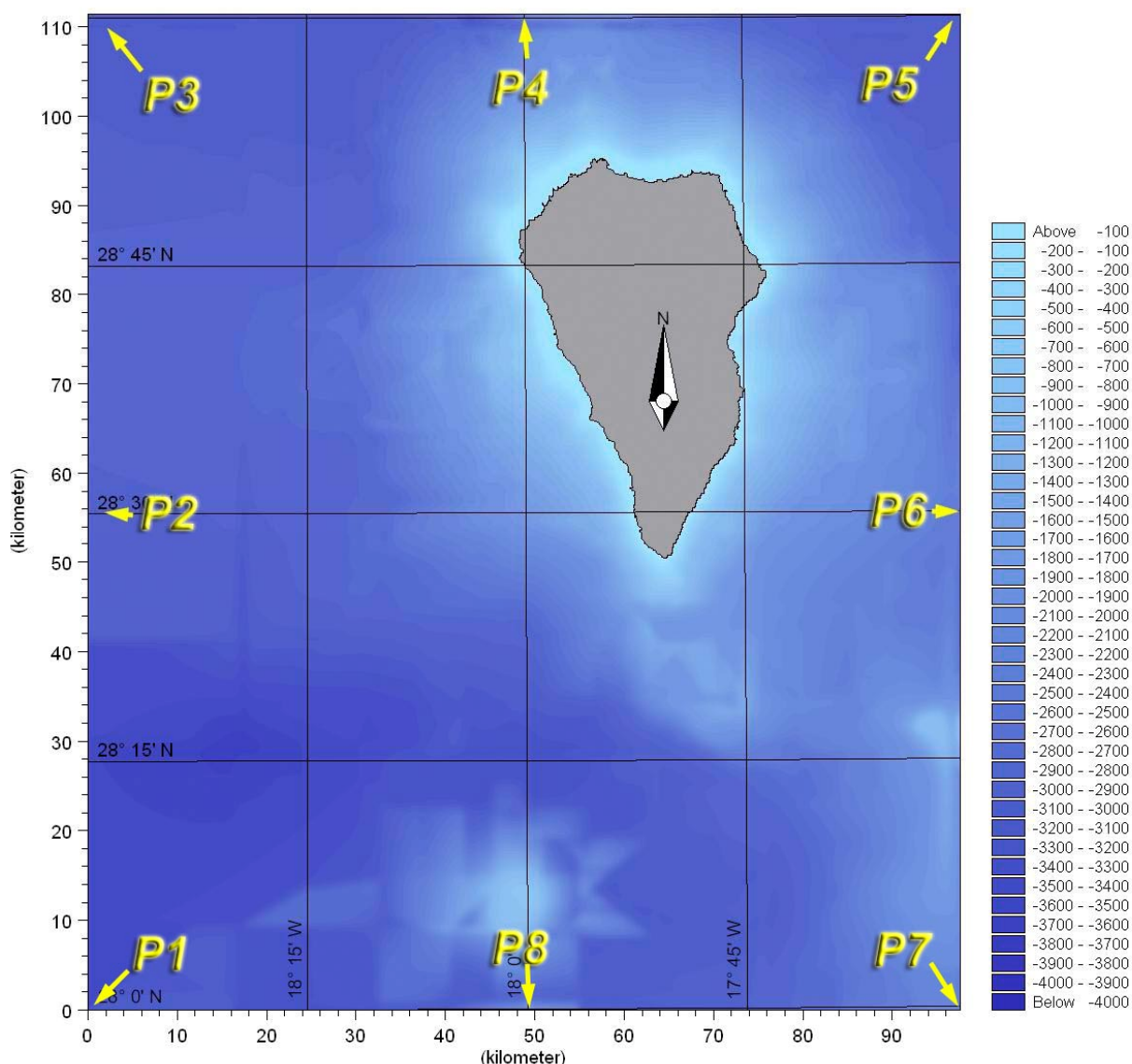


Figura 45 .- Batimetría utilizada en las simulaciones hidrodinámicas y puntos de información de constantes armónicas.

Para cubrir los bordes del modelo, se realizó una interpolación lineal entre los niveles de marea de cada punto, cubriendo así todo el contorno. Cabe destacar que los datos batimétricos proceden de las campañas batimétricas, complementados con datos de cartas náuticas para las zonas de mayor profundidad.

2.4.2.1. Calibración del modelo

Para realizar la calibración del modelo se seleccionó un intervalo de tiempo correspondiente con las fechas en que se realizaron las mediciones de corrientes. Para esto se tomó el intervalo de tiempo comprendido entre el 7 y el 9 de marzo de 2004, forzando el modelo con los vientos medidos durante la campaña de toma de datos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la modelización hidrodinámica, comparados con los datos obtenidos de las campañas de campo.

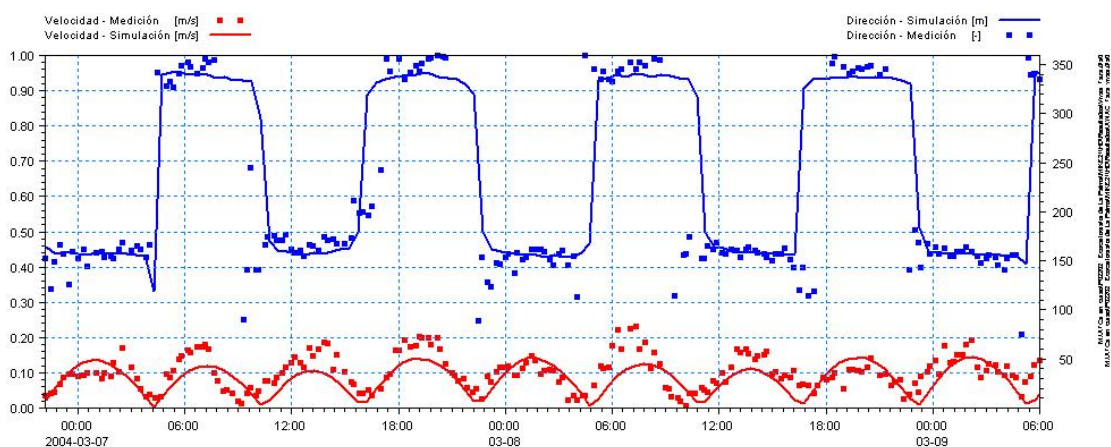


Figura 46 .- Calibración del modelo hidrodinámico, mostrando la comparación entre velocidad y dirección de corrientes medidas en Tazacorte y simuladas por el modelo

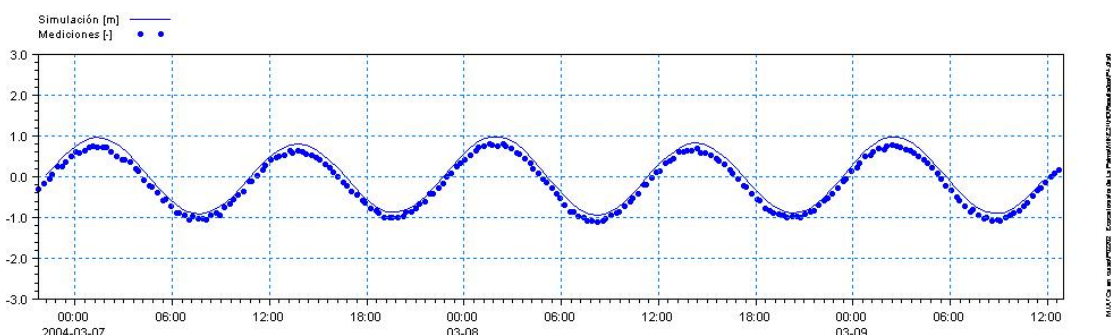


Figura 47 .- Calibración del modelo hidrodinámico, mostrando la comparación entre los niveles del mar medidos en Tazacorte y los simulados por el modelo

Como puede observarse, la calibración del modelo hidrodinámico ha sido satisfactoria, lo cual permite caracterizar las corrientes a partir de los resultados de la modelización numérica.

2.4.2.2. Resultados

Una vez calibrado el modelo se realizaron diferentes simulaciones hidrodinámicas para distintos intervalos de tiempo, comprendiendo tanto mareas vivas como mareas muertas, a fin de caracterizar los campos de corriente en esos escenarios. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

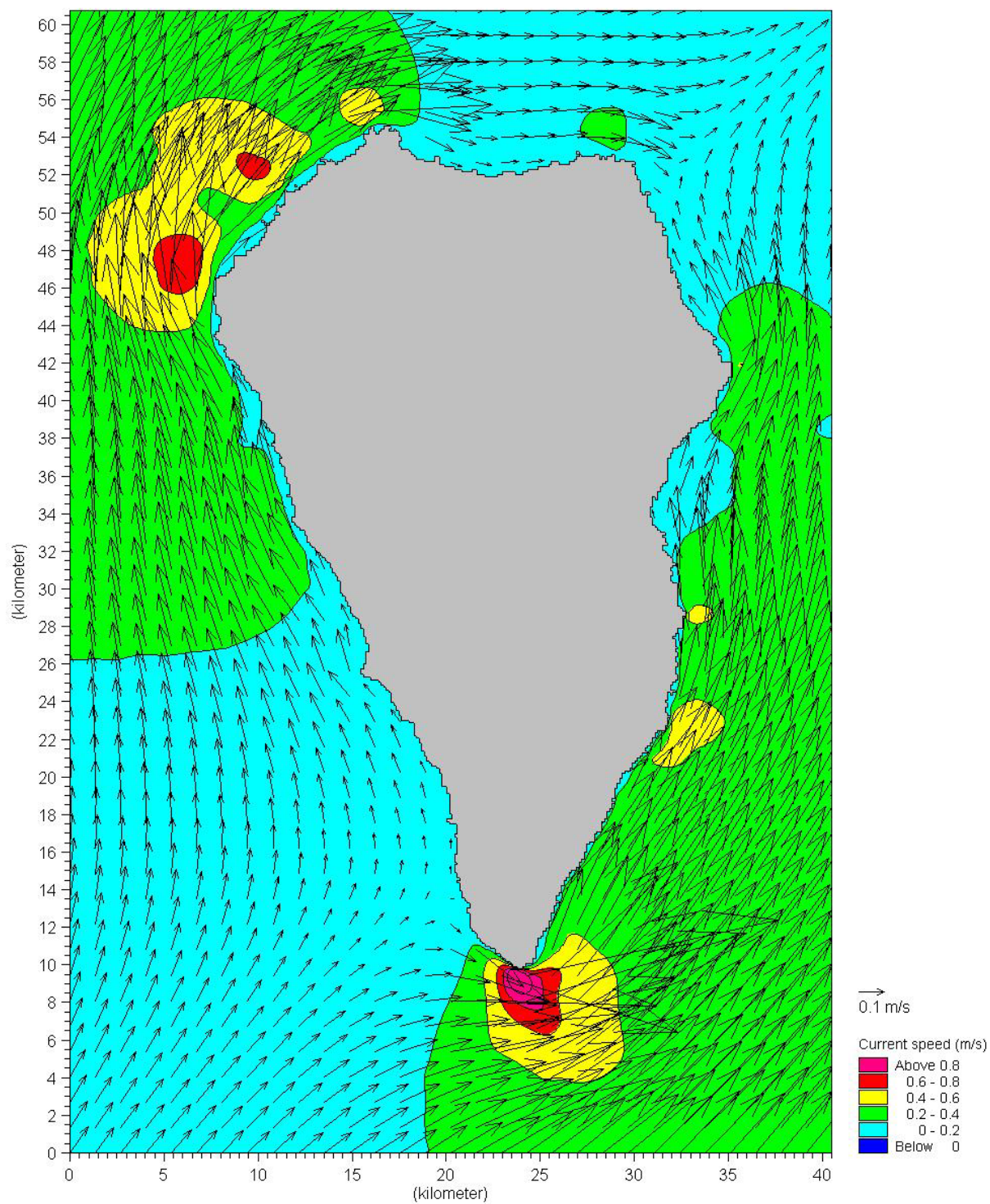


Figura 48 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea llanante en mareas vivas

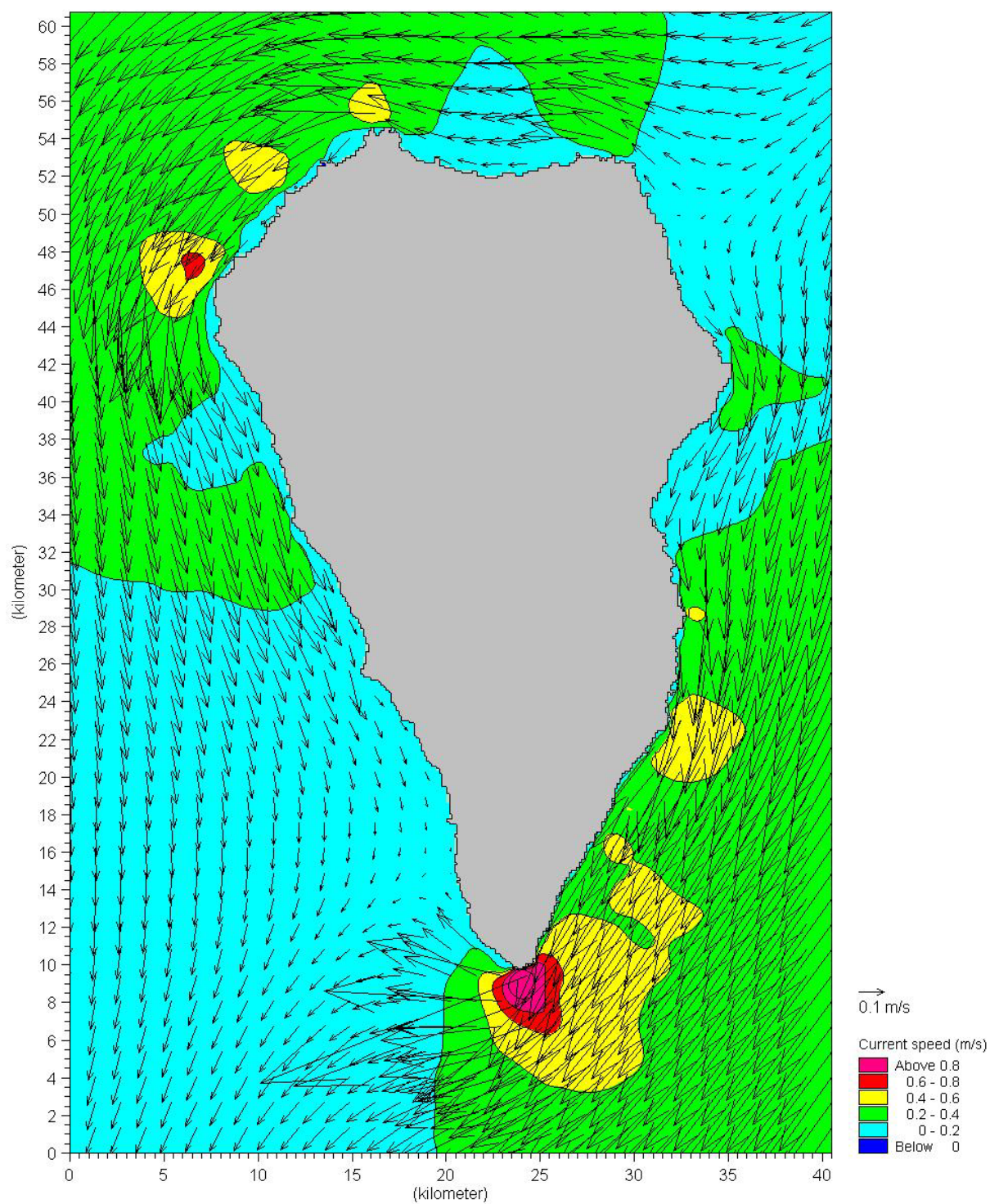


Figura 49 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea vaciante en mareas vivas

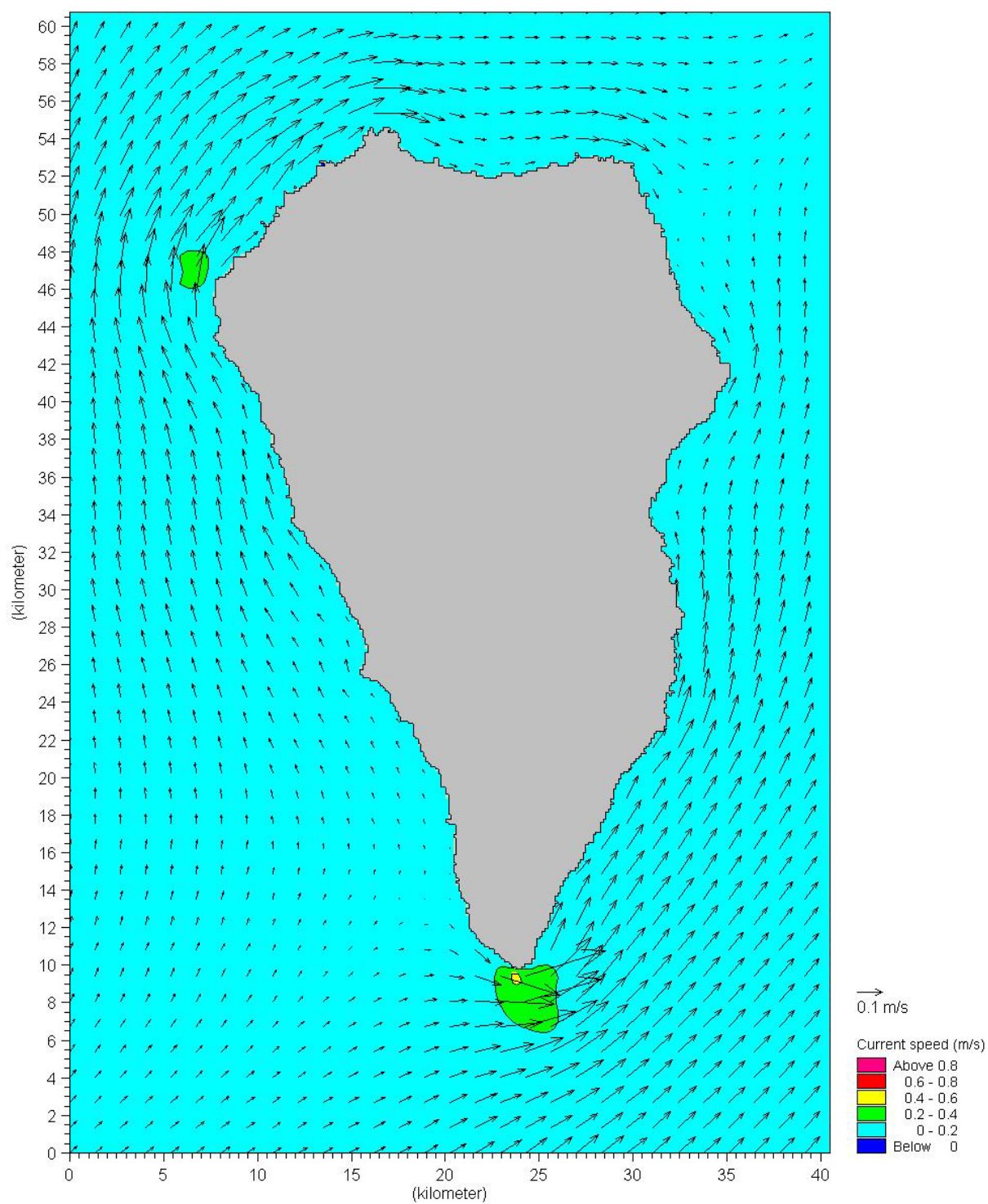


Figura 50 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea llenante en mareas muertas

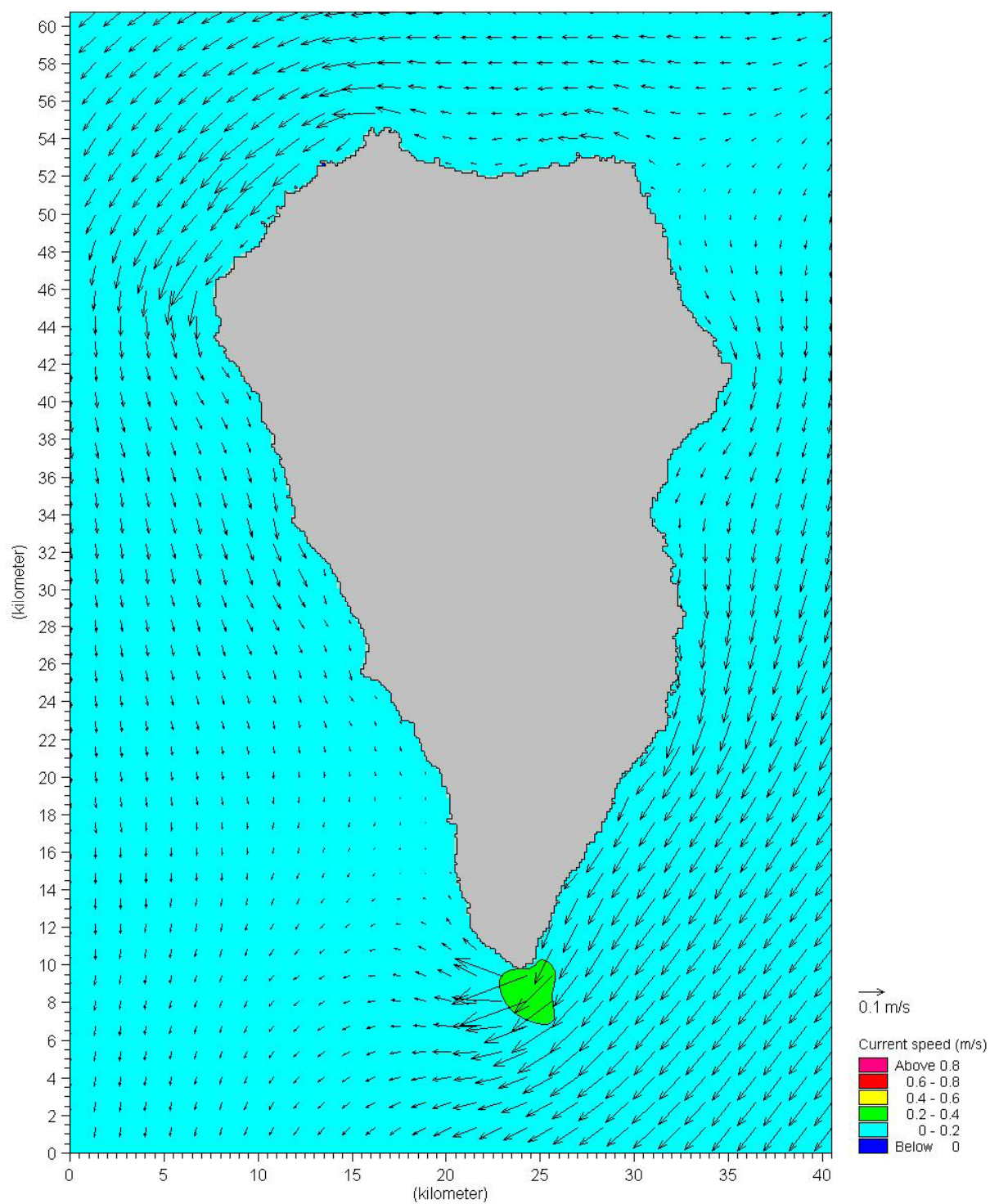


Figura 51 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea vaciante en mareas muertas

De la Figura 48 a la Figura 51 se han presentado las corrientes marinas originadas por mareas durante las fases de marea vaciante y llenante tanto de mareas vivas como de mareas muertas. Se ha elegido estas fases como situaciones extremas entre las que se engloba el resto de mareas, obteniendo así las situaciones de corriente máxima en una y otra dirección.

2.4.3. Conclusiones

Como se observa en los gráficos, las corrientes presentan dirección norte durante las mareas llenantes y dirección sur durante las mareas vaciantes. La intensidad de corriente se encuentra en torno a 0.8 m/s en las zonas de Fuencaliente y de Garafía, mientras que en el resto de la isla las velocidades son más reducidas, en torno a 0.4 m/s, presentando velocidades mínimas en la zona noreste y suroeste de la isla.

Cabe destacar que la presencia de vientos en la zona pueden alterar el comportamiento de las corrientes, debido a las corrientes generadas por viento y su interacción con las corrientes generadas por mareas. Así, se realizaron simulaciones para los mismos periodos de tiempo presentados anteriormente, pero incluyendo en este caso los vientos alisios característicos de la zona, caracterizados por una dirección NE y una velocidad de 15 m/s.

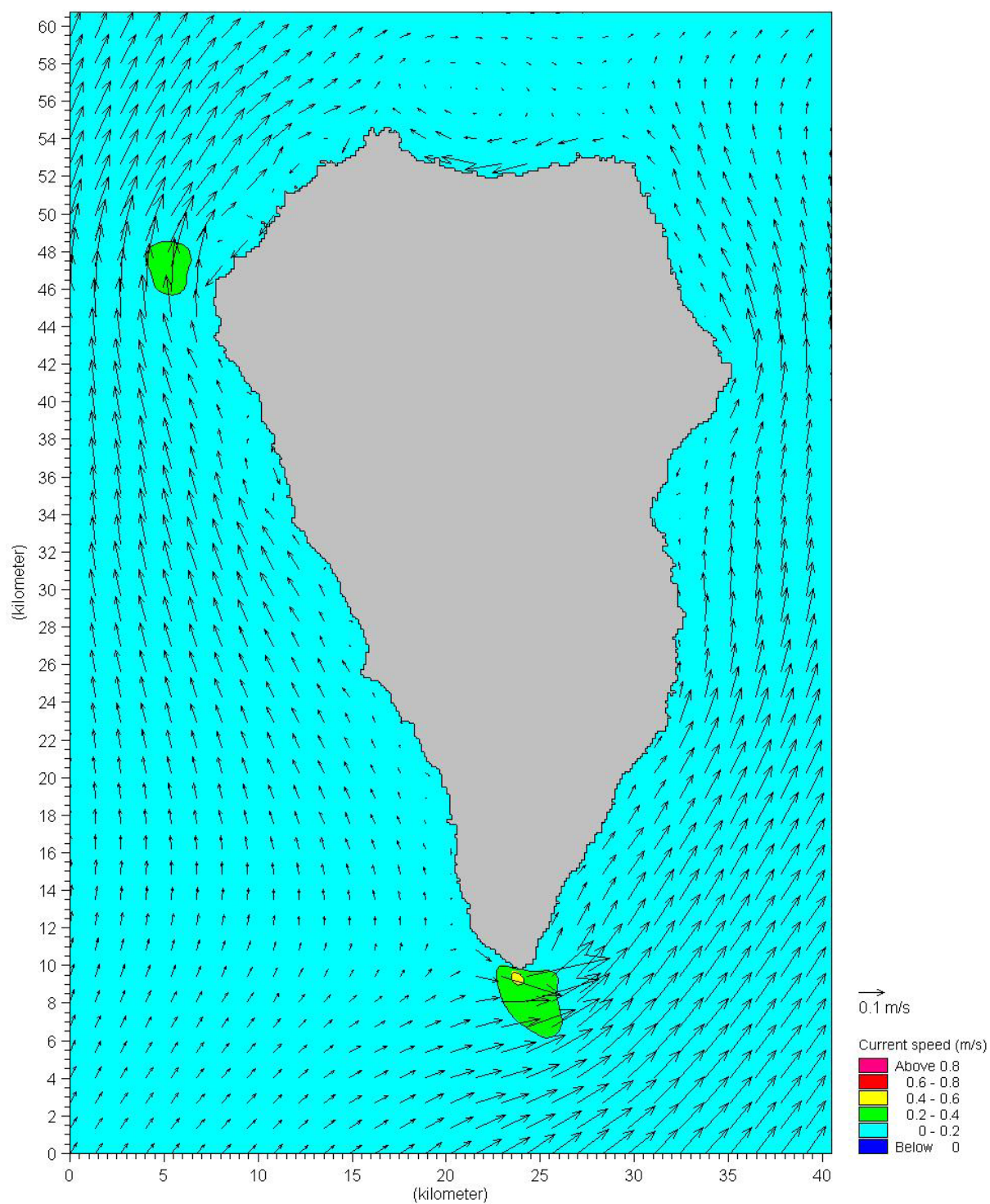


Figura 52 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea llenante en mareas vivas con vientos alisios

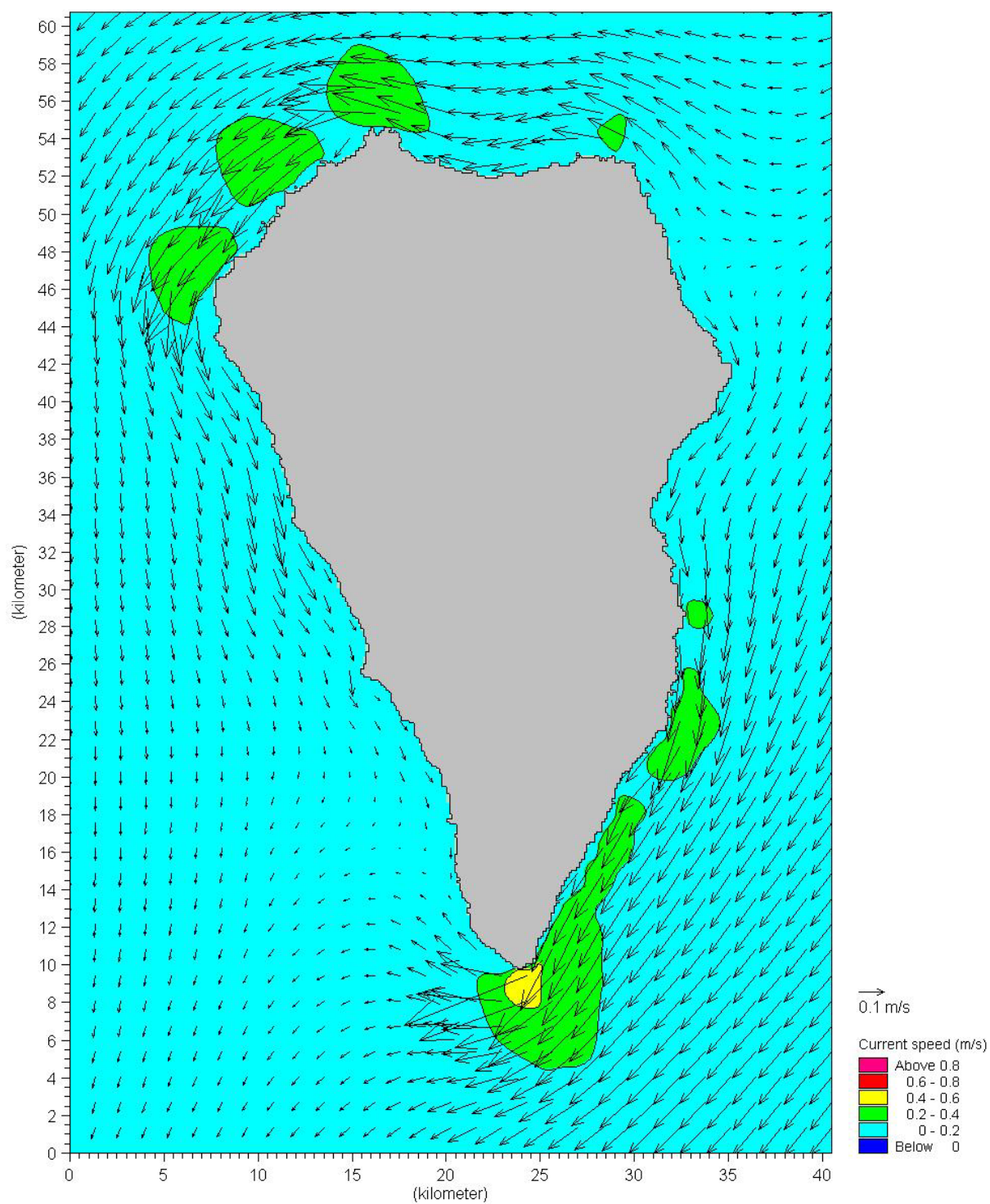


Figura 53 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea vaciante en mareas vivas con vientos alisios

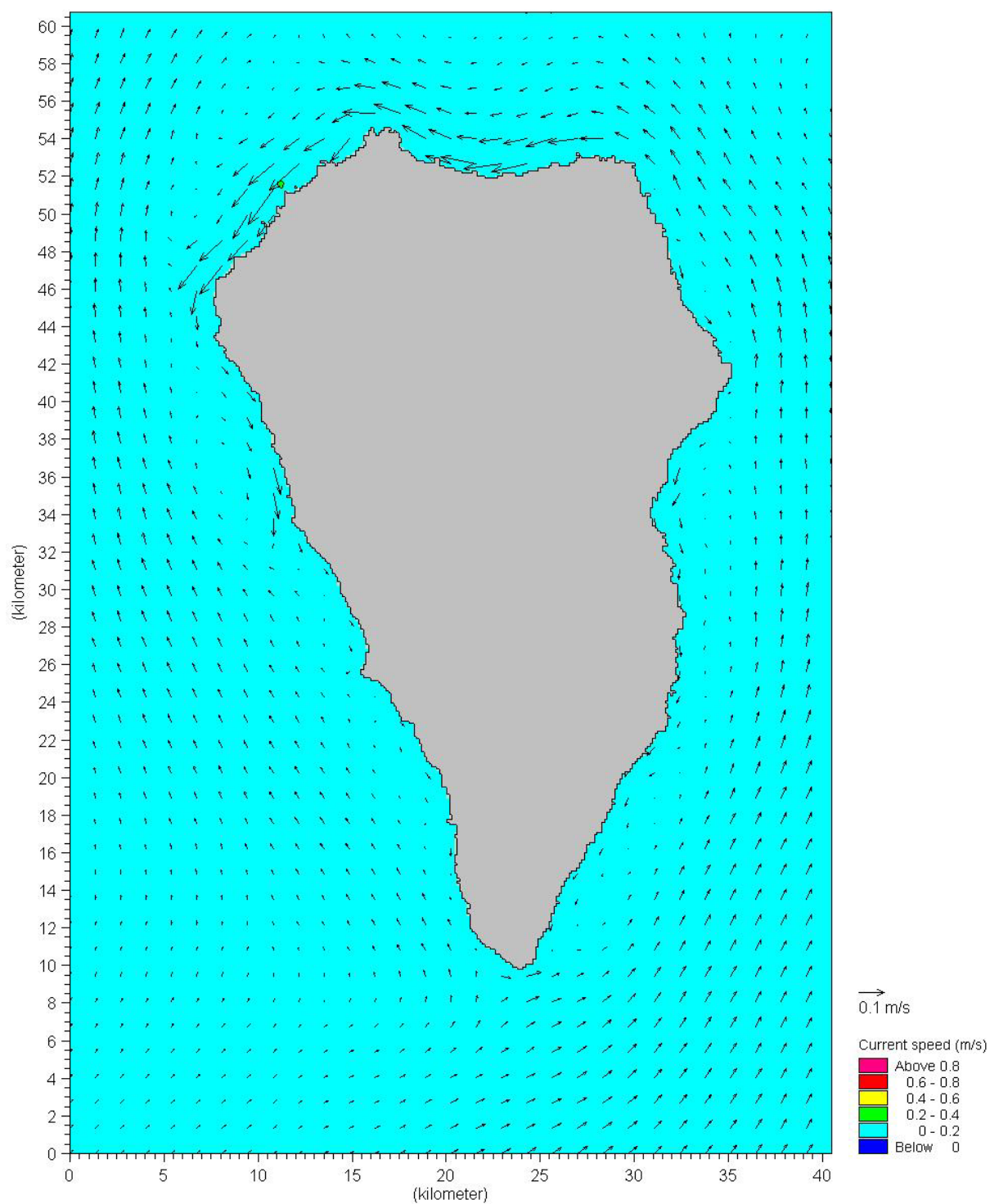


Figura 54 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea llenante en mareas muertas con vientos alisios

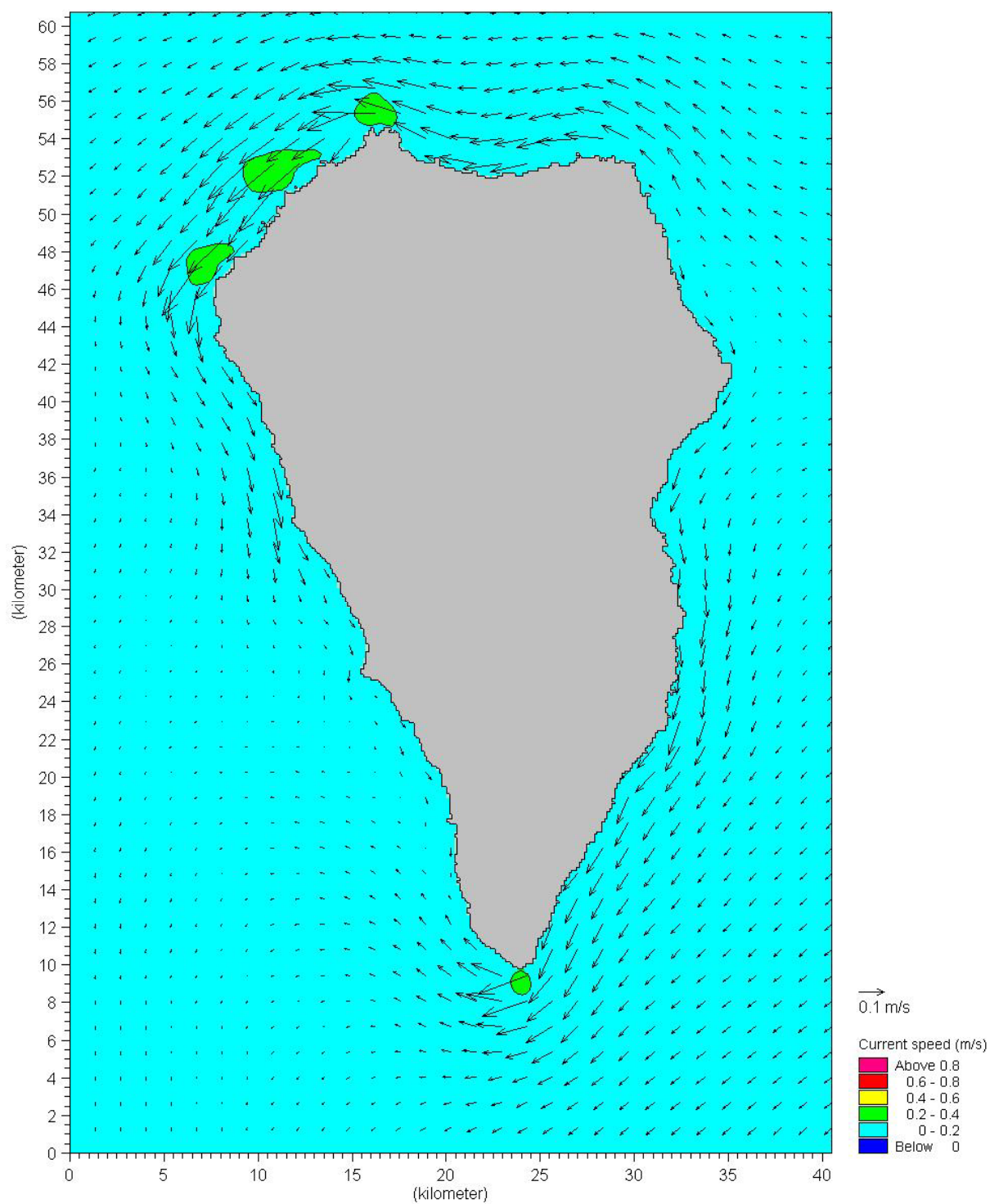


Figura 55 .- Resultados de la modelización hidrodinámica durante marea vaciante en mareas muertas con vientos alisios

2.5. Estudio regional de la dinámica litoral

Generalmente los estudios de dinámica litoral tienen la finalidad de definir las corrientes costeras y el transporte sólido para ayudar a definir y/o evaluar proyectos en una zona dada. De esta manera, la Ley de Costas requiere que cualquier actuación en la zona costera se informe en base a estudios de dinámica litoral que permitan asegurar su desarrollo armónico con el medio natural. Si bien en el presente trabajo no existe el planteamiento de un proyecto a desarrollar, el caracterizar la dinámica litoral de la zona costera proporciona un mejor conocimiento de ésta, lo cual ayuda a realizar una toma de decisiones correcta y acorde a la realidad física del medio litoral.

El estudio regional de la dinámica litoral que se desarrolla en el presente capítulo tiene la finalidad de caracterizar a grandes rasgos el potencial de transporte sólido longitudinal neto en base a la energía de oleaje presente, las características de orientación de la costa y el perfil transversal de la costa. De esta manera es posible caracterizar el litoral isleño en base a su dinámica litoral y definir las orientaciones de equilibrio en sus distintos tramos.

2.5.1. Transporte sólido potencial regional

Con el fin de comprender el sistema de manera global se ha realizado un estudio de procesos costeros a nivel regional. En él ha sido posible definir los patrones de transporte sólido litoral a nivel regional y establecer la orientación de transporte nulo (orientación de equilibrio) de los distintos tramos de costa que conforman el litoral de la isla. El estudio se ha realizado utilizando dos herramientas: el Sistema de Modelado Costero¹ (SMC) y el sistema de modelización LITPACK².

El SMC es un programa que calcula el transporte sólido potencial en base a las formulaciones del CERC³ y de Kamphuis⁴, que realizan el cálculo del transporte sólido en base a oleaje procedente de observaciones visuales. Estas formulas son empíricas, basadas principalmente en la altura de ola y la orientación de la línea de costa, incluyendo el

¹ Desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

² Desarrollado por el DHI – Water & Environment.

³ CERC (1984). "Shore Protection Manual". Coastal Engineering Research Center, USACE, Vicksburg.

⁴ Kamphuis, J.W. (1991). "Alongshore sediment transport rate". Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. ASCE, v. 117, pp 624-640.

efecto del periodo del oleaje, la pendiente de la playa y el tamaño de grano únicamente en la ecuación de Kamphuis.

Para aplicar el SMC, se utilizó la aplicación ODIN, en la cual es necesario establecer la zona de la costa donde se quieren realizar los cálculos, especificar la orientación de la línea de costa, tamaño de grano, pendiente y el área para la búsqueda de datos de oleaje.

Por otro lado, el sistema LITPACK, por medio del modelo LITDRIFT, calcula el transporte sólido de una manera determinista. LITDRIFT es un modelo que permite calcular las corrientes litorales y el transporte sólido, utilizando una descripción determinista del transporte. El modelo simula la distribución de la altura de ola, el *set-up* y la corriente litoral a lo largo de un perfil de playa, dando a partir de estos parámetros una descripción del transporte sólido longitudinal a lo largo de un perfil seleccionado.

Para aplicar el LITDRIFT es necesario establecer el clima de oleaje y el perfil de playa a utilizar, así como la orientación de la costa. LITDRIFT permite calcular el transporte sólido potencial para un mismo segmento de costa, utilizando un perfil de playa constante, pero variando la orientación de la costa. De esta manera es posible determinar la variación en el transporte sólido en un tramo regional de costa, en relación a la orientación de la costa en un punto dado. Además, siguiendo este método es posible estimar la orientación de transporte nulo. La Figura 56 muestra la discretización realizada para la Isla de La Palma a fin de aplicar el modelo LITDRIFT.

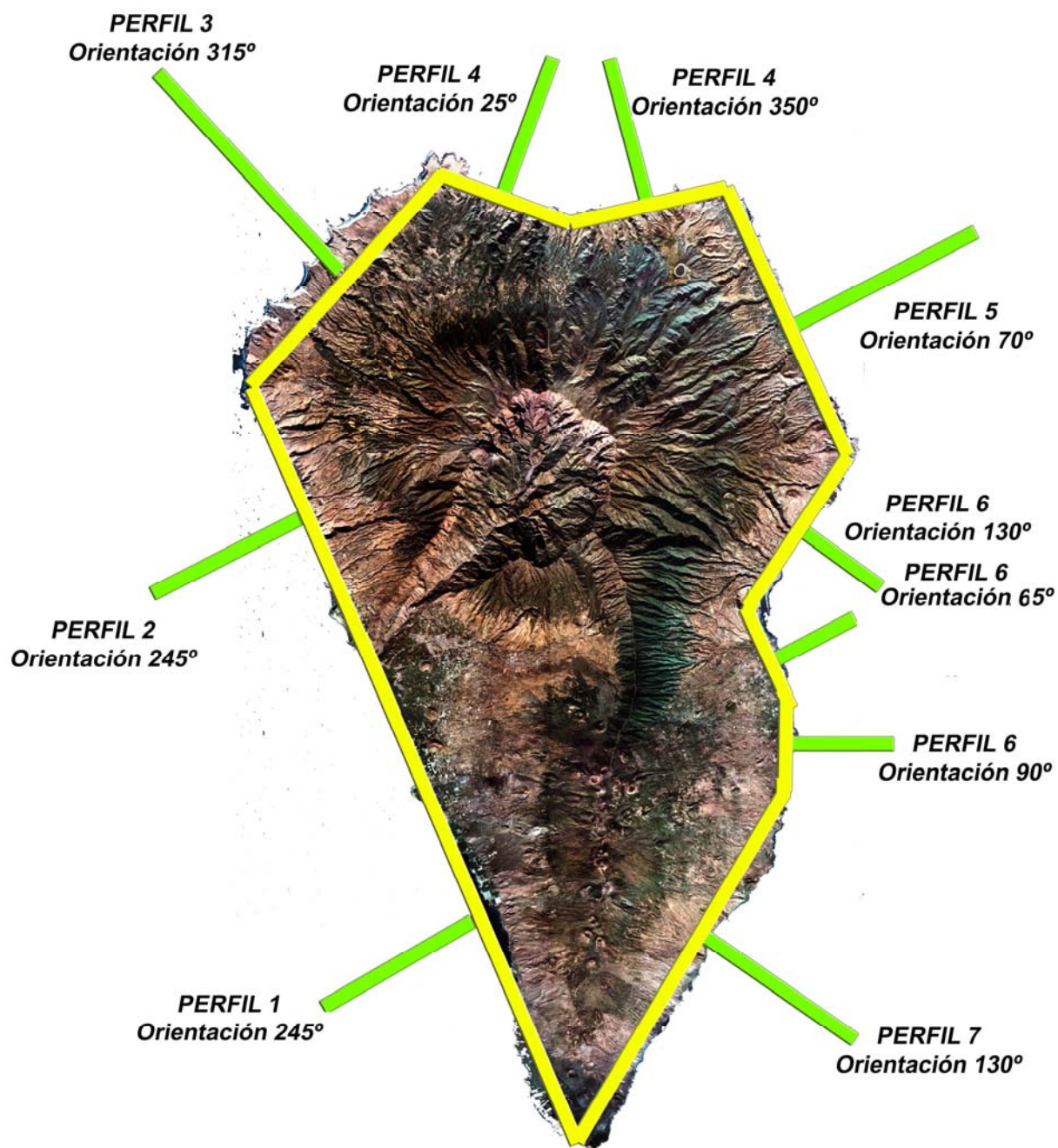


Figura 56 .- Zona seleccionada para el estudio regional del transporte sólido litoral

Los perfiles utilizados fueron obtenidos a partir de los trabajos topo-batimétricos realizados en este estudio y se presentan de la Figura 57 a la Figura 63.

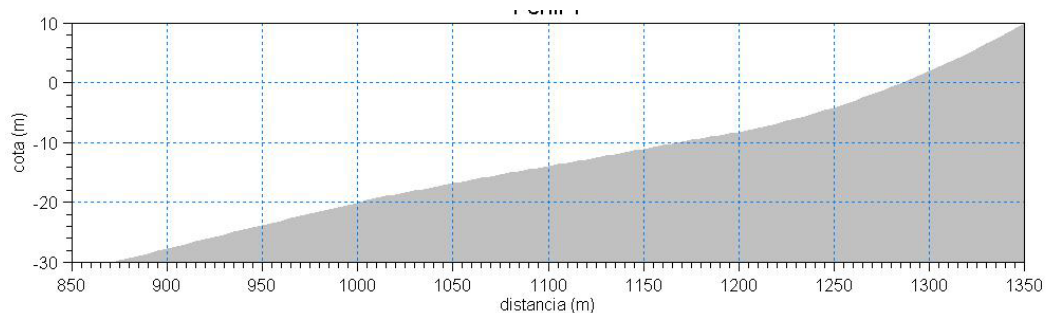


Figura 57.- Perfil 1

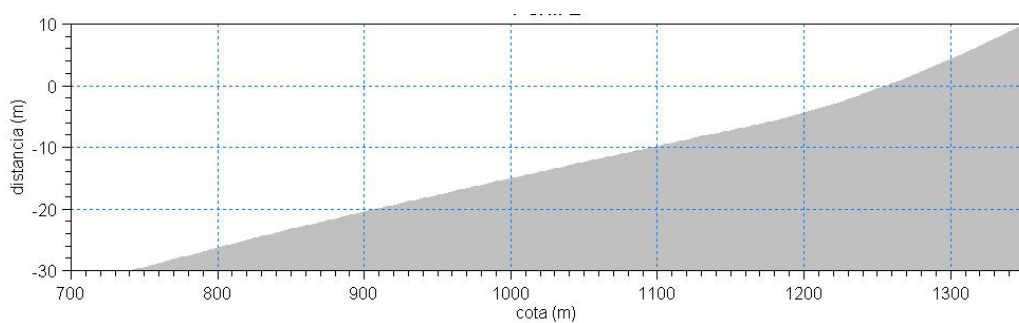


Figura 58.- Perfil 2

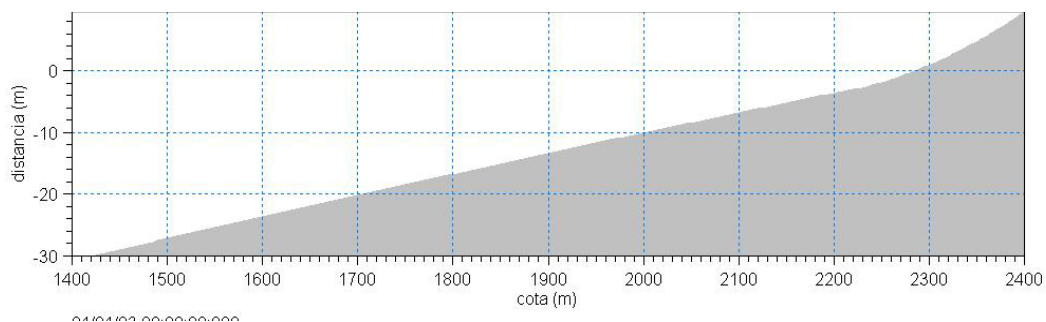


Figura 59.- Perfil 3

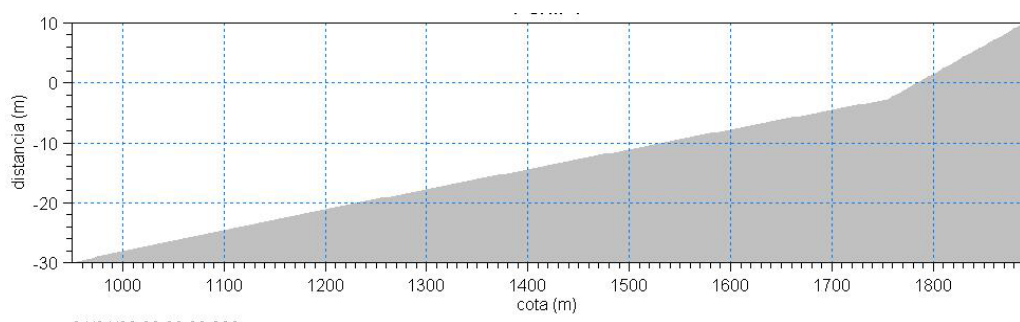


Figura 60.- Perfil 4

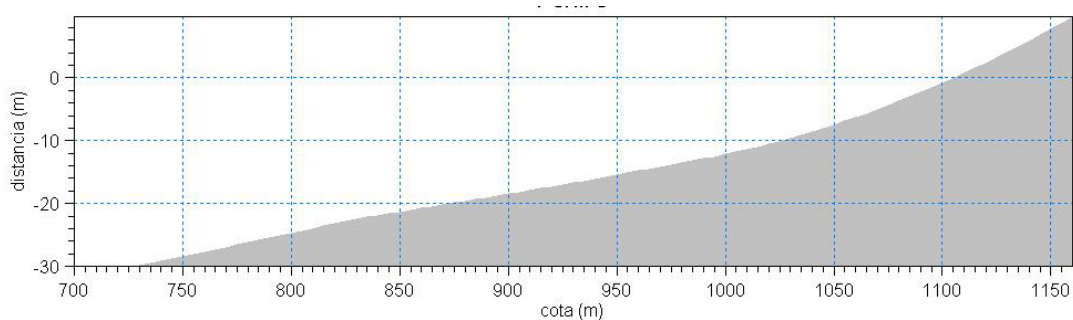


Figura 61.- Perfil 5

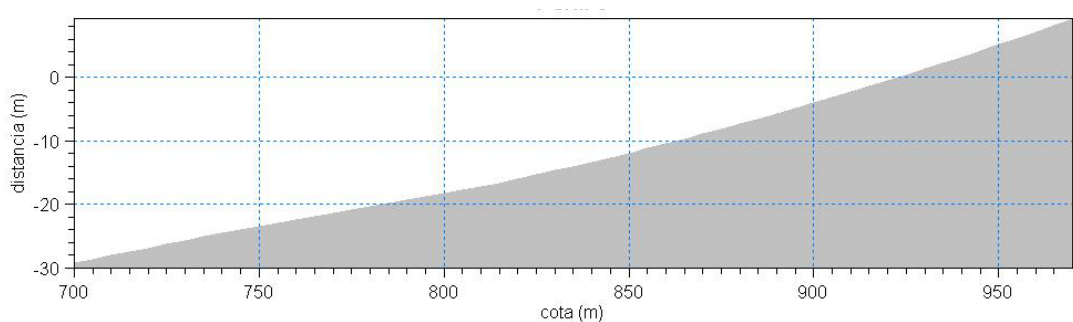


Figura 62.- Perfil 6

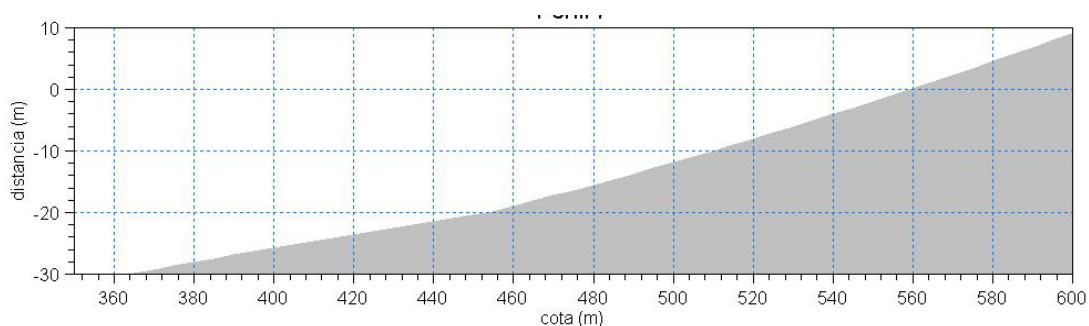


Figura 63.- Perfil 7

Como se puede observar, los perfiles obtenidos en la zona norte presentan una menor pendiente (perfiles 3 y 4) que los perfiles de la zona este (perfiles 6 y 7) (nótese que la escala cambia para cada uno de los perfiles presentados).

El oleaje utilizado para alimentar el modelo LITDRIFT procede del estudio de clima marítimo, y se muestra en la Figura 64.

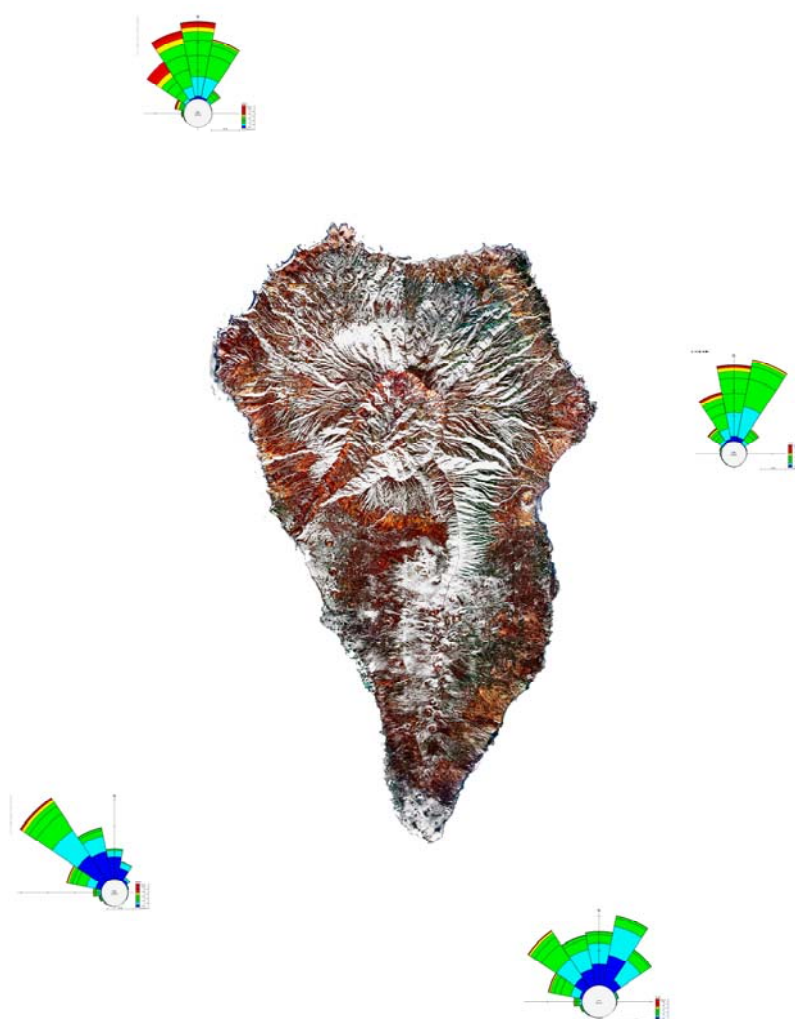


Figura 64 .- Datos de oleaje en torno a la Isla de La Palma

Para cada uno de los perfiles se utilizó el oleaje correspondiente, y se realizaron las simulaciones numéricas variando la orientación de la playa, para así poder establecer el rango de transporte sólido potencial de acuerdo a la orientación del perfil de playa. Los resultados se muestran a continuación para cada uno de los perfiles.

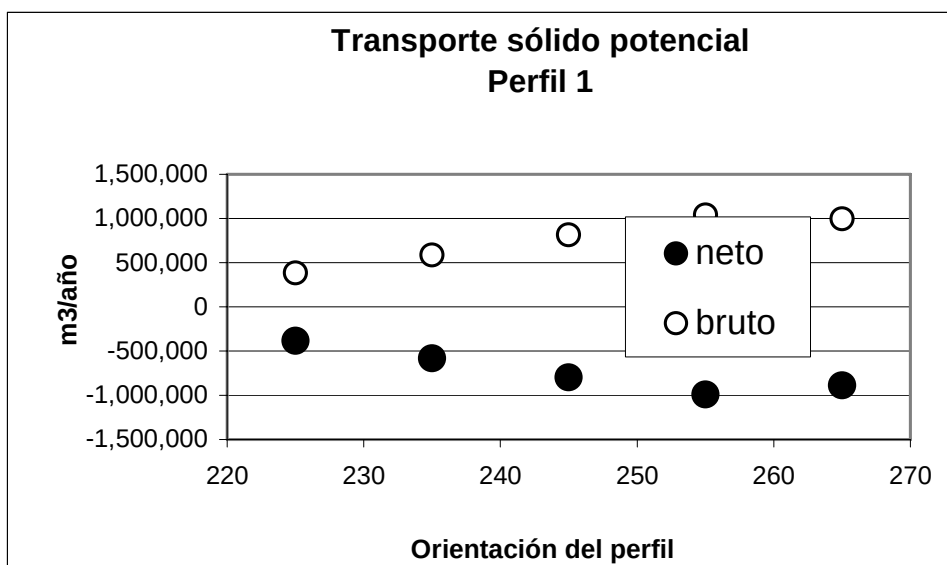


Figura 65 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 1

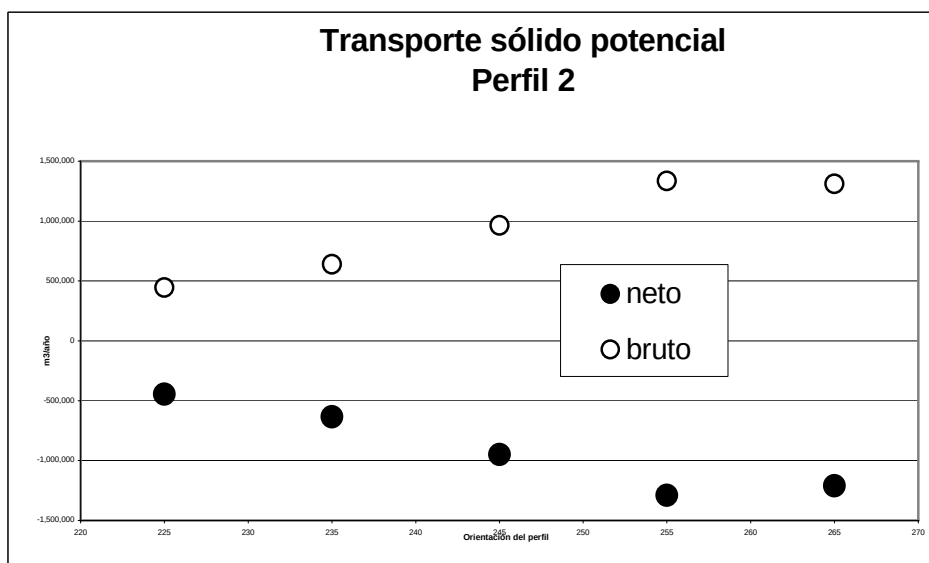


Figura 66 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 2

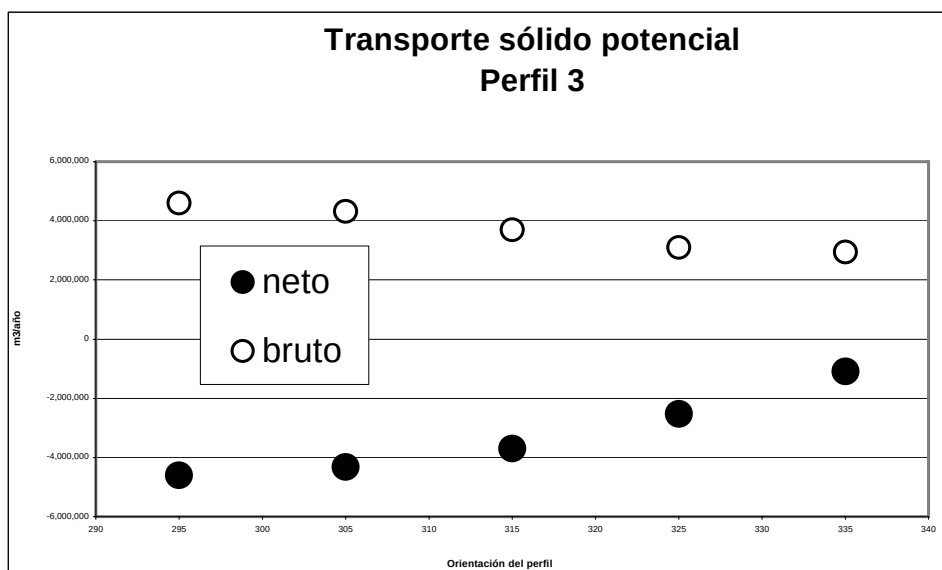


Figura 67 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 3

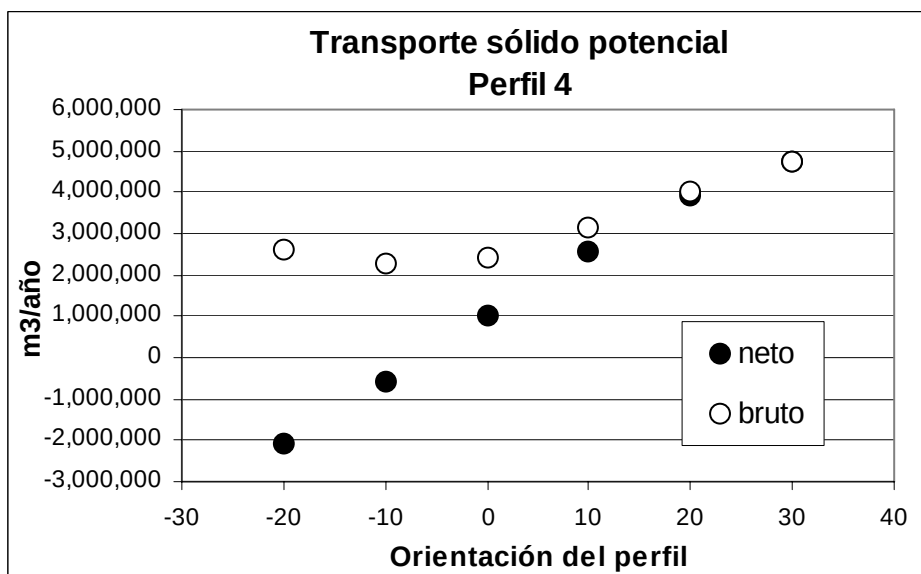


Figura 68 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 4

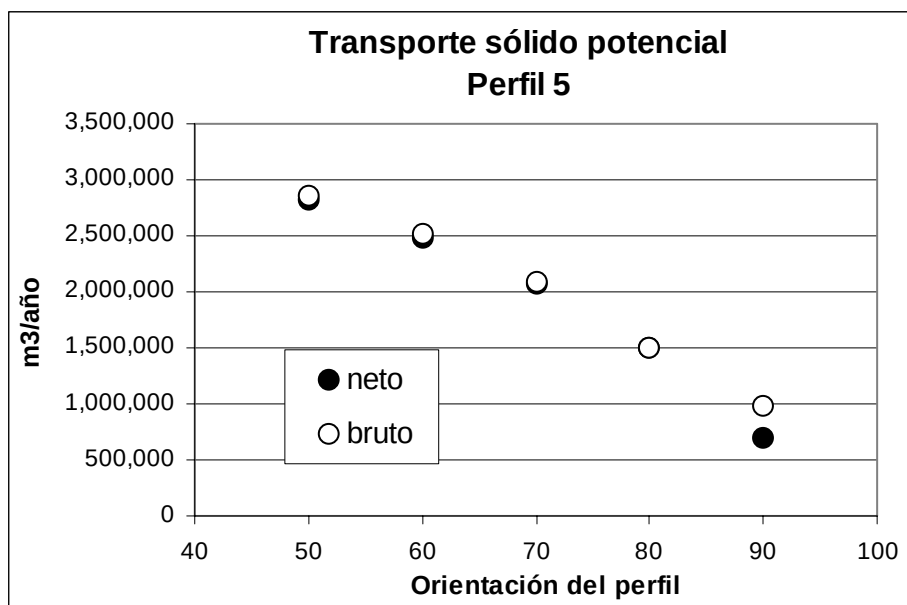


Figura 69 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 5

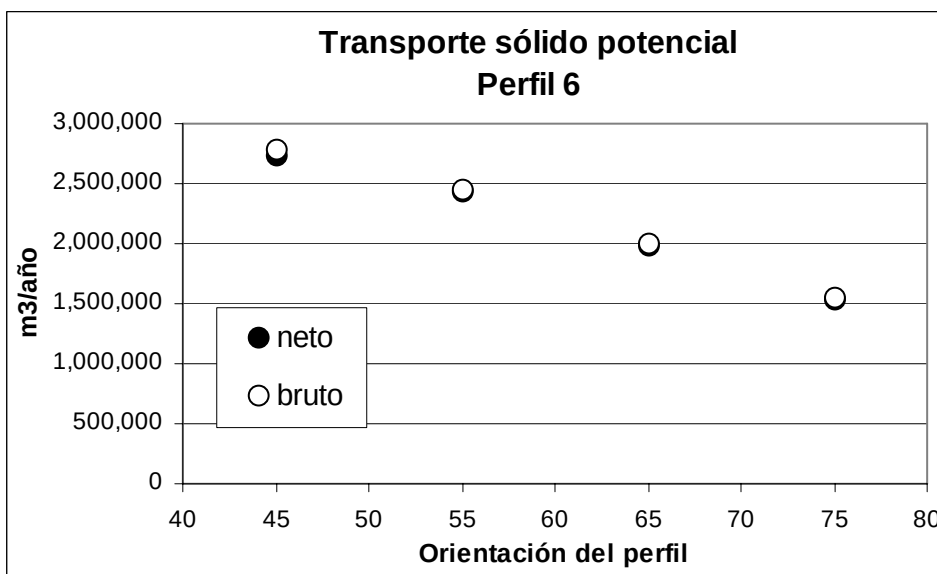


Figura 70 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 6

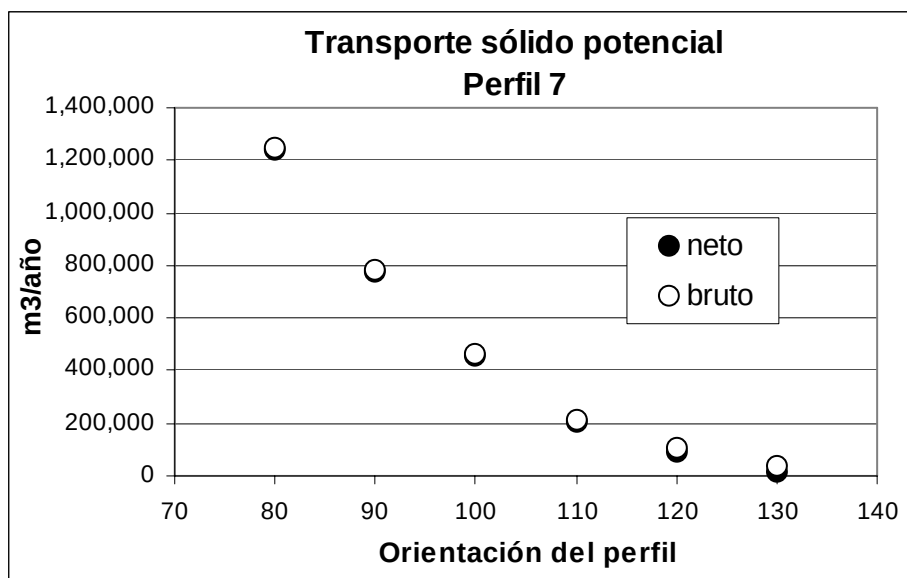


Figura 71 .- Transporte sólido potencial para el Perfil 7

Los resultados obtenidos presentan valores de transporte sólido sumamente altos, por lo que es importante aclarar que los valores estimados representan el potencial de transporte. Para que los valores concuerden con la realidad es necesario que exista disponibilidad de arena suficiente, lo cual no ocurre en la mayor parte de la isla. De esta manera, los valores obtenidos dan una idea de la energía de oleaje que existe entorno a la isla.

Para la zona oeste de la isla se encuentran valores de transporte sólido longitudinal potencial entre 1.000.000 m³/año y 800.000 m³/año de transporte dirigido al sur. En base a las gráficas de transporte sólido potencial de los perfiles 1 y 2, se puede concluir que no existe una orientación de equilibrio (ésta tiende a ser de más de 220°, lo cual es factible que ocurra en algunas zonas de las playas encajadas que existen en la zona). Esto indica que las playas que no tengan un apoyo en su extremo sur, ya sea natural o antrópico, la arena que pueda estar disponible será transportada hacia la zona meridional de la isla. El caso de Tzacorte es un ejemplo claro de estos resultados ya que la playa se encuentran apoyada por el dique del Puerto. La playa nueva de Tzacorte es caso aparte al estar encajada entre los dos espigones y modelada por las difracciones inducidas por el espigón norte. La playa de Los Guirres y Puerto Naos constituyen asimismo buenos ejemplos de lo indicado.

Como se puede observar para el perfil 3, en la zona norte de la isla se produce una capacidad de transporte muy alta con dirección suroeste. Esto, al igual que en el caso anterior indica que solo podrán formarse playas en caso de existir una barrera al transporte, sin embargo, debido a la alta energía disponible su formación es muy difícil, lo cual es comprobado con la ausencia de playas en esa zona.

Para la zona norte, donde se ubica el perfil 4, se observa que el transporte varía con la orientación del perfil, esto debido a que el oleaje proviene de los sectores 1 y 4. Sin embargo, el transporte sólido potencial puede llegar a ser muy alto, incluso mayor a 3.000.000 m³/año hacia el este, para orientaciones del perfil mayores a 10°. La orientación de equilibrio para esta zona se encuentra en torno a los 350°. La única playa presente en la zona es la Fajana de los Franceses que se enfrenta al norte con una ligera inclinación hacia el este, lo cual indica una capacidad de transporte sólido cercano a 2.000.000 m³/año, por lo que difícilmente se podrá encontrar arena en esa zona, que de hecho, esta formada por bolos de gran tamaño.

La zona del perfil 5 se encuentra orientada al noreste, mientras que el oleaje es predominantemente de componente norte, por lo que es de esperarse un transporte hacia el sur. Los resultados obtenidos indican un transporte sólido potencial del orden de 2.000.000 m³/año, lo cual es aproximadamente el valor que corresponde a la playa de Espíndola, la cual presenta un deposito de arena debido a que es una playa encajada en donde existe una barrera natural a todo este transporte sólido. Al incrementar el ángulo de la orientación de la playa disminuye la capacidad de transporte debido a la disminución de la oblicuidad.

La zona del perfil 6 presenta las mismas características que la del perfil 5, mientras que en la zona sur de la parte este de la isla (caracterizada por los resultados del perfil 7) muestran un transporte sólido potencial de menor magnitud, aunque sigue estando en el orden de 1.000.000 m³/año. Esta costa no esta expuesta al norte, de donde procede el oleaje, por lo cual no existe tanta capacidad de transporte como por ejemplo en la zona del perfil 5. Conforme la costa se encara del este hacia el sur, se pierde capacidad de transporte sólido.

Además de los estudios realizados con el sistema LITPACK, se ha utilizado el SMC; con él es posible establecer las rosas de oleaje a profundidades indefinidas y a la profundidad objetivo (en este caso se tomó 10 m como base de la investigación hidrográfica), en

cualquier zona de la costa española, además de permitir cálculos empíricos orientativos de transporte sólido y definición de los estados morfodinámicos.

Se utilizó el SMC para los distintos tramos de costa sobre los cuales se aplicó el modelo LITDRIFT, obteniéndose así las rosas de oleaje en aguas indefinidas, a 10 m de profundidad, el transporte sólido potencial y los estados morfodinámicos, para cada uno de los segmentos de la costa.

Las rosas de oleaje para aguas indefinidas obtenidas por el SMC se muestran en la Figura 72, según se obtuvieron los resultados para cada una de las ubicaciones de los perfiles presentados anteriormente. Cabe destacar que SMC no utiliza los perfiles especificados anteriormente; por ello su mención se realiza para definir la ubicación geográfica de cada zona.

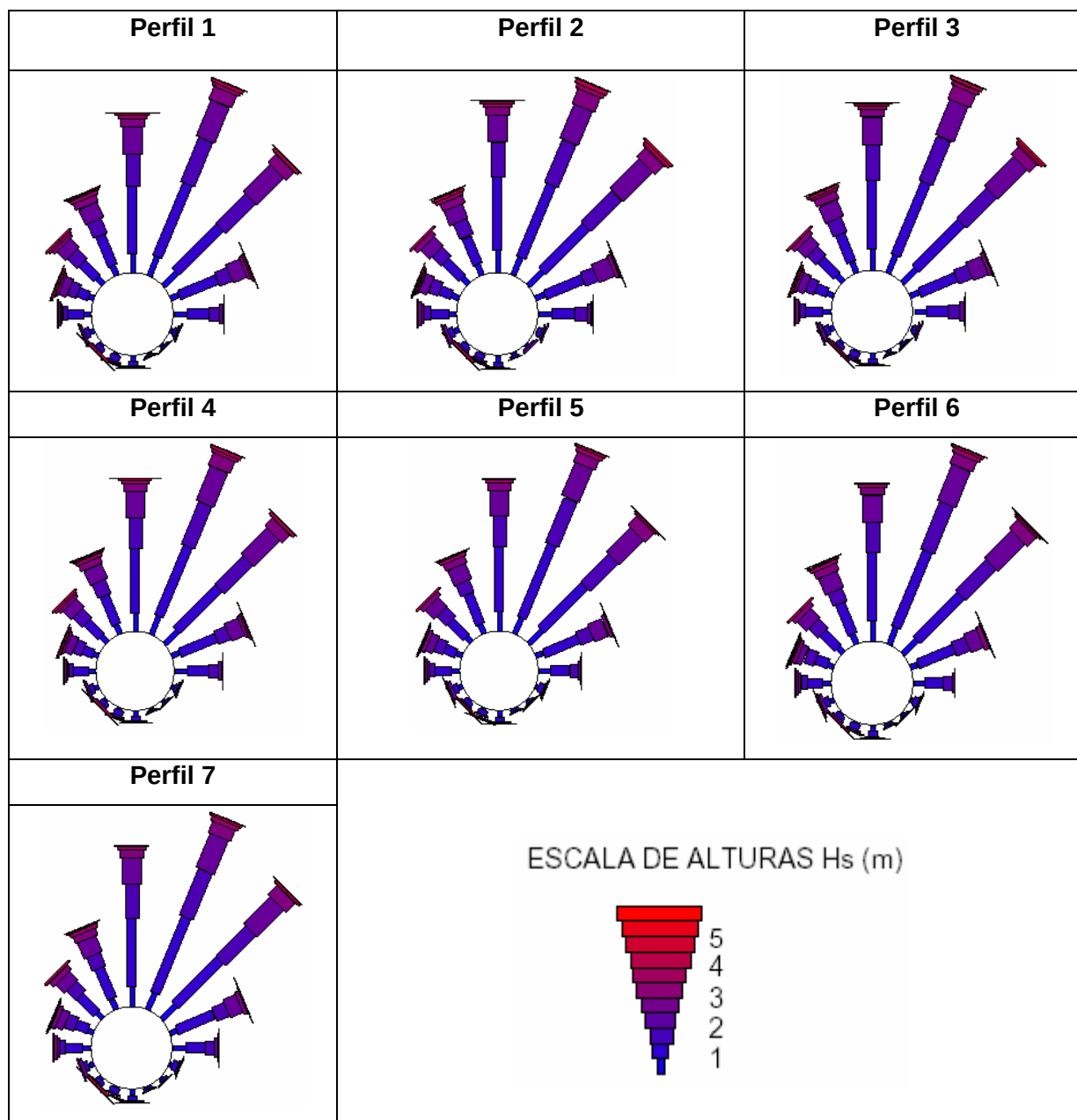
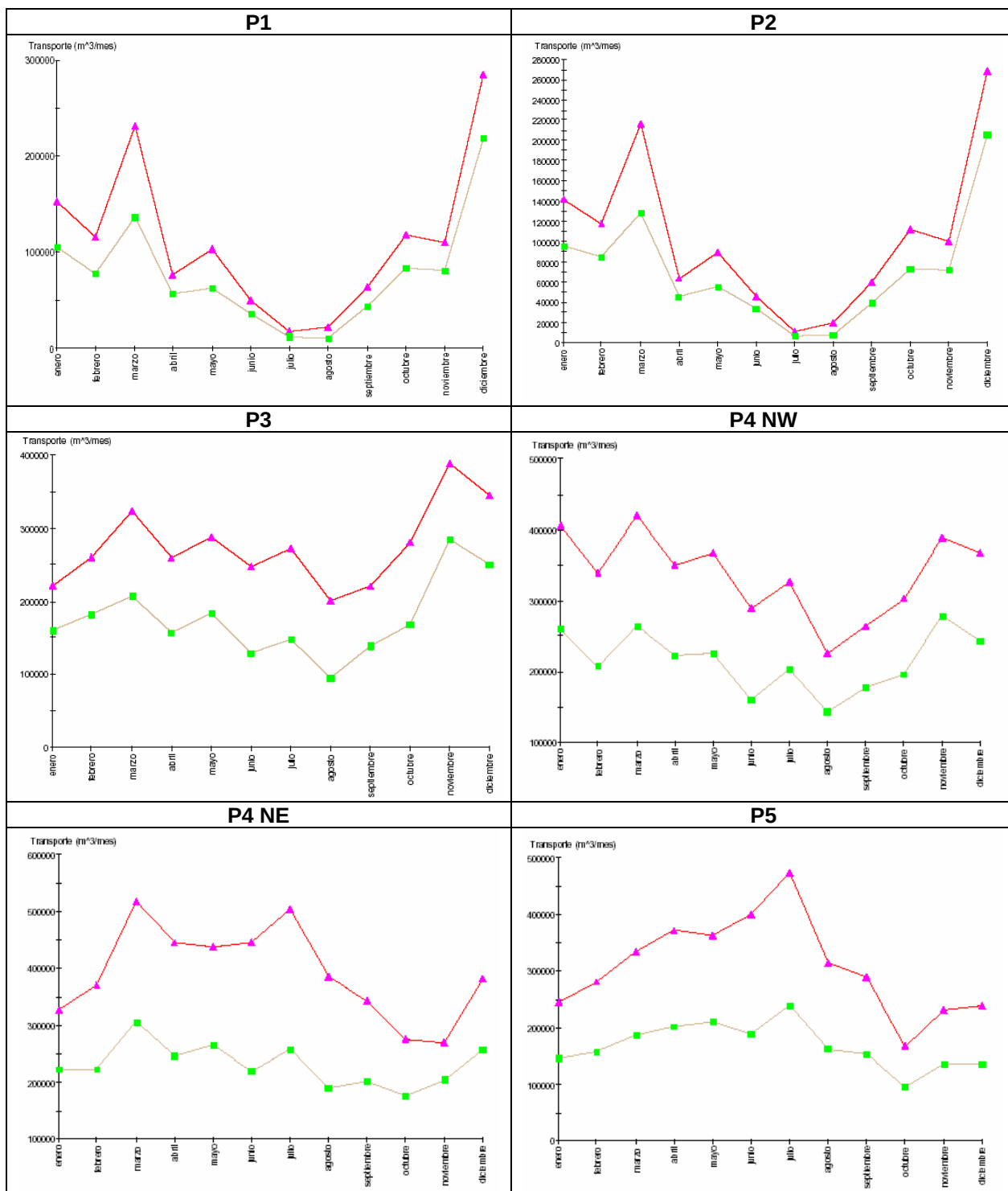


Figura 72 .- Oleaje en aguas indefinidas obtenidos con el SMC

Se puede observar que todas las rosas de oleaje en aguas indefinidas son similares, según se obtienen con el SMC, sin embargo, del estudio de clima marítimo se desprenden algunas diferencias a pesar de que el oleaje dominante en toda la isla es el proveniente del norte.

La Figura 73 muestra las rosas de oleaje a una profundidad de 10 m, en las cuales se pueden apreciar diferencias importantes para cada sector de la costa analizada.





ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

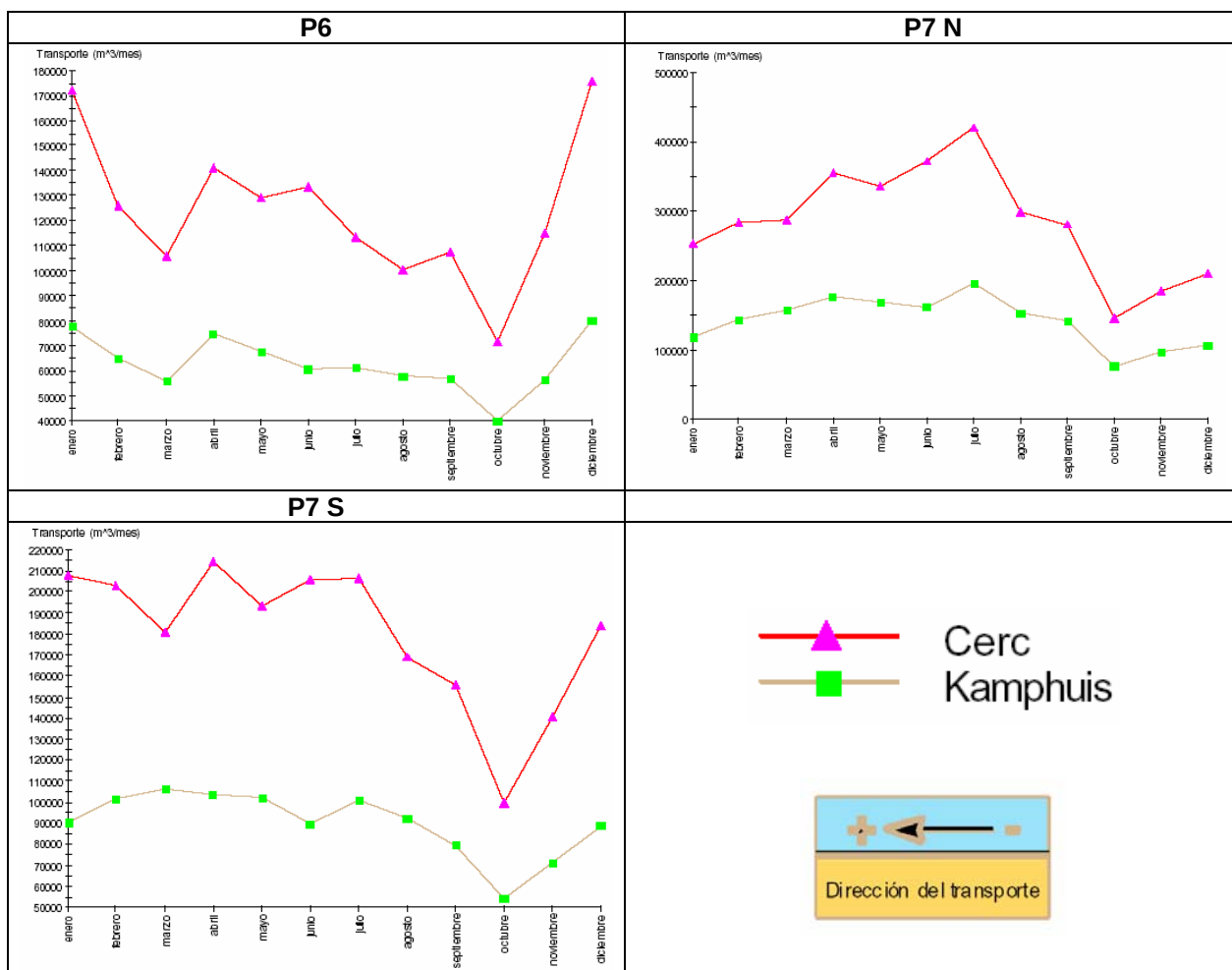
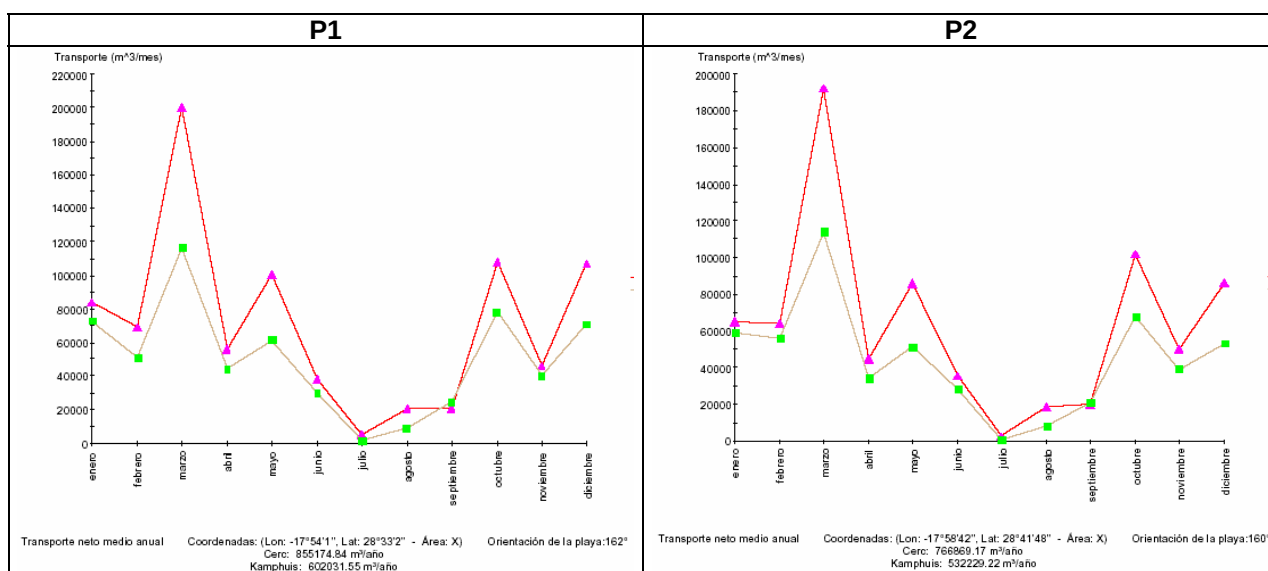
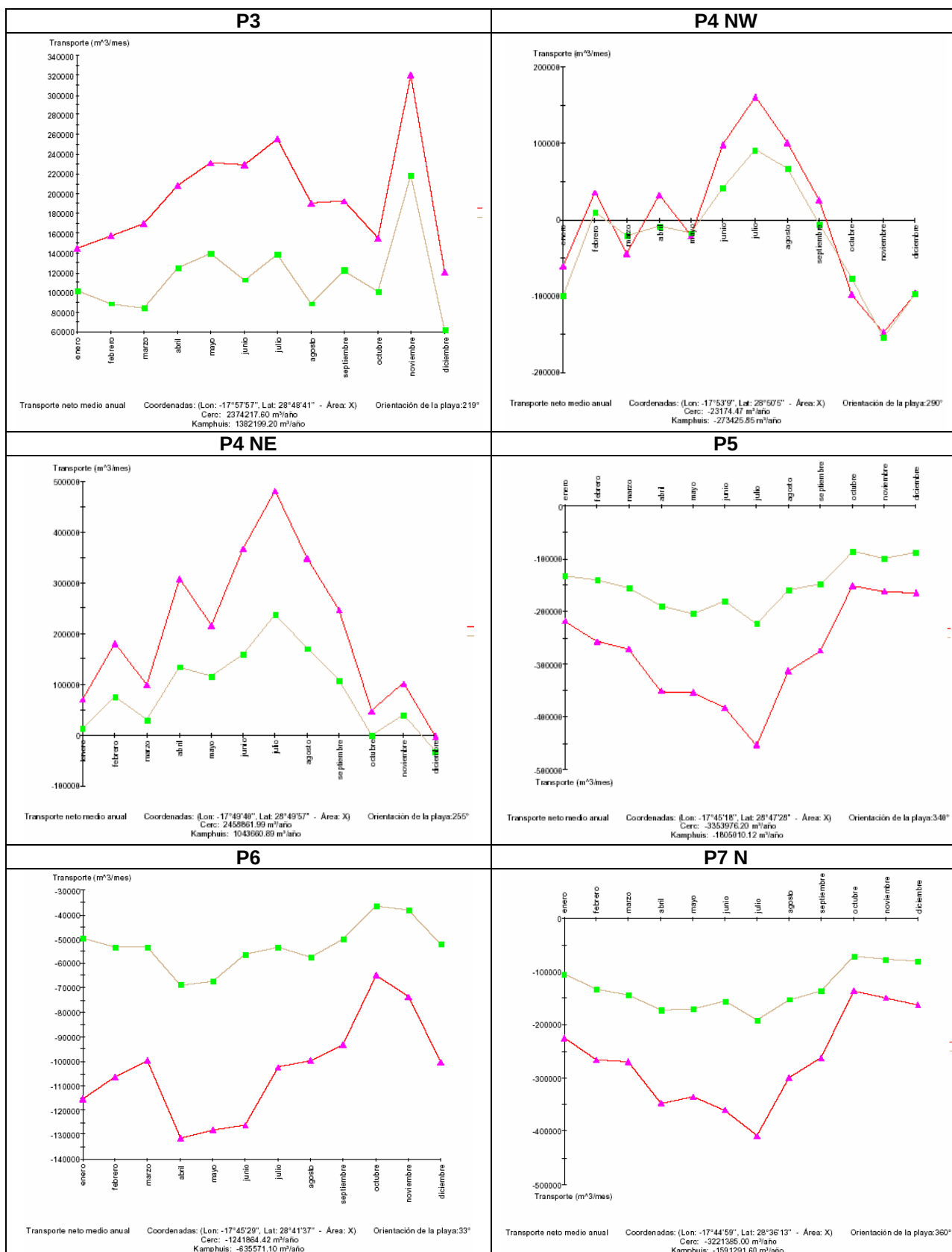


Figura 74 .- Resultados de transporte sólido bruto potencial obtenidos con SMC





ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

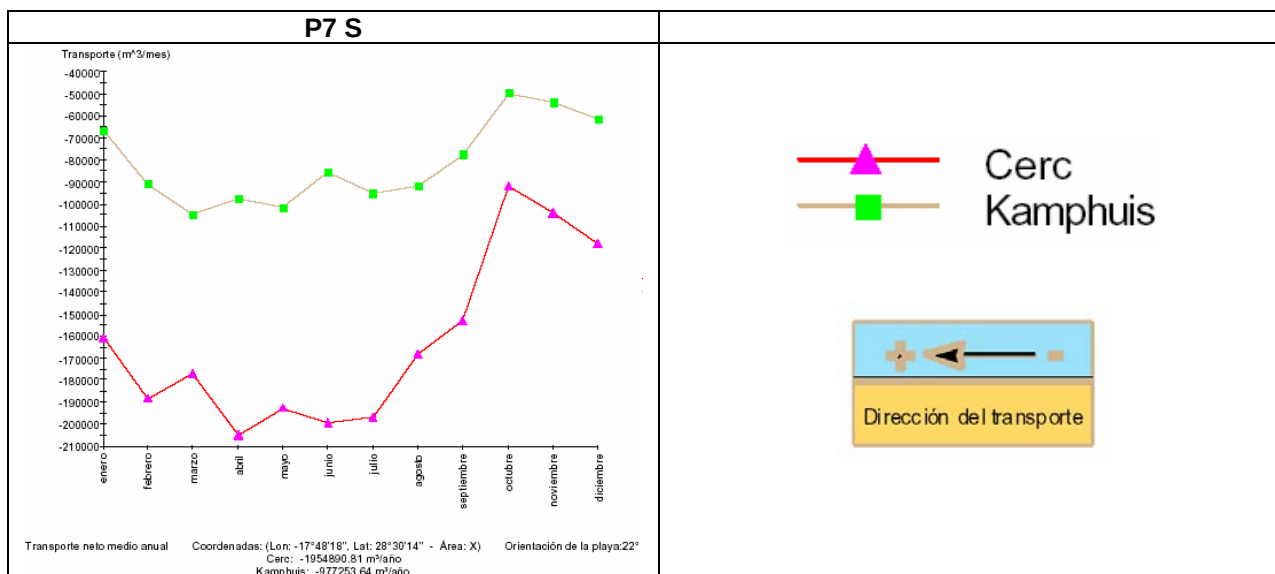


Figura 75 .- Resultados de transporte sólido neto potencial obtenidos con SMC

Finalmente se obtuvo con el SMC los estados morfodinámicos para las distintas zonas de la isla, obteniendo los mismos resultados en todas las zonas. El estudio de la evolución morfológica conlleva simplificaciones que generalmente no son tomadas en cuenta y que suponen que los estudios en planta y del perfil se realicen de manera independiente. Sin embargo, es conocido que la evolución de una playa está determinada por procesos costeros tridimensionales, en el cual existen zonas donde estos efectos pueden ser de mayor o menor magnitud. El estudio de los estados morfodinámicos permiten conocer el grado de tridimensionalidad de los procesos costeros, las formas de playa existentes y la hidrodinámica asociada. Estos aspectos pueden ser relevantes para cálculos de estabilidad de playas, así como para el diseño funcional de éstas, siendo así de gran importancia el estudio de los estados morfodinámicos.

El análisis de los estados morfodinámicos busca encontrar cual es el estado modal (más frecuente) de la playa, en respuesta a las condiciones modales energéticas de oleaje que arriba a ella. A fin de conocer los estados morfodinámicos a nivel regional, se utilizó el SMC, el cual caracteriza los estados morfodinámicos en base al parámetro adimensional de caída de grano (Ω^*) como se muestra en la Tabla 3.

Estado Morfodinámico	$\Omega^* = \frac{Hb}{wT}$
a) Disipativa	>5,5
b) Barra longitudinal y seno	4,7
c) Barra y playa rítmicas	3,5
d) Barra transversal y corriente de retorno (rip)	3,1
e) Barra-canaleta o Terraza de bajamar	2,4
f) Reflejante	< 1,5

Hb = altura de ola significativa en rotura
T = periodo de pico
w = velocidad de caída del grano

Tabla 3.- Determinación de los estados morfodinámicos de playas sin mareas

Se obtuvieron así los estados morfodinámicos para las distintas zonas. El estado morfodinámico claramente dominante es el reflectivo, predominando durante todo el año. La Figura 76 muestran los resultados obtenidos.

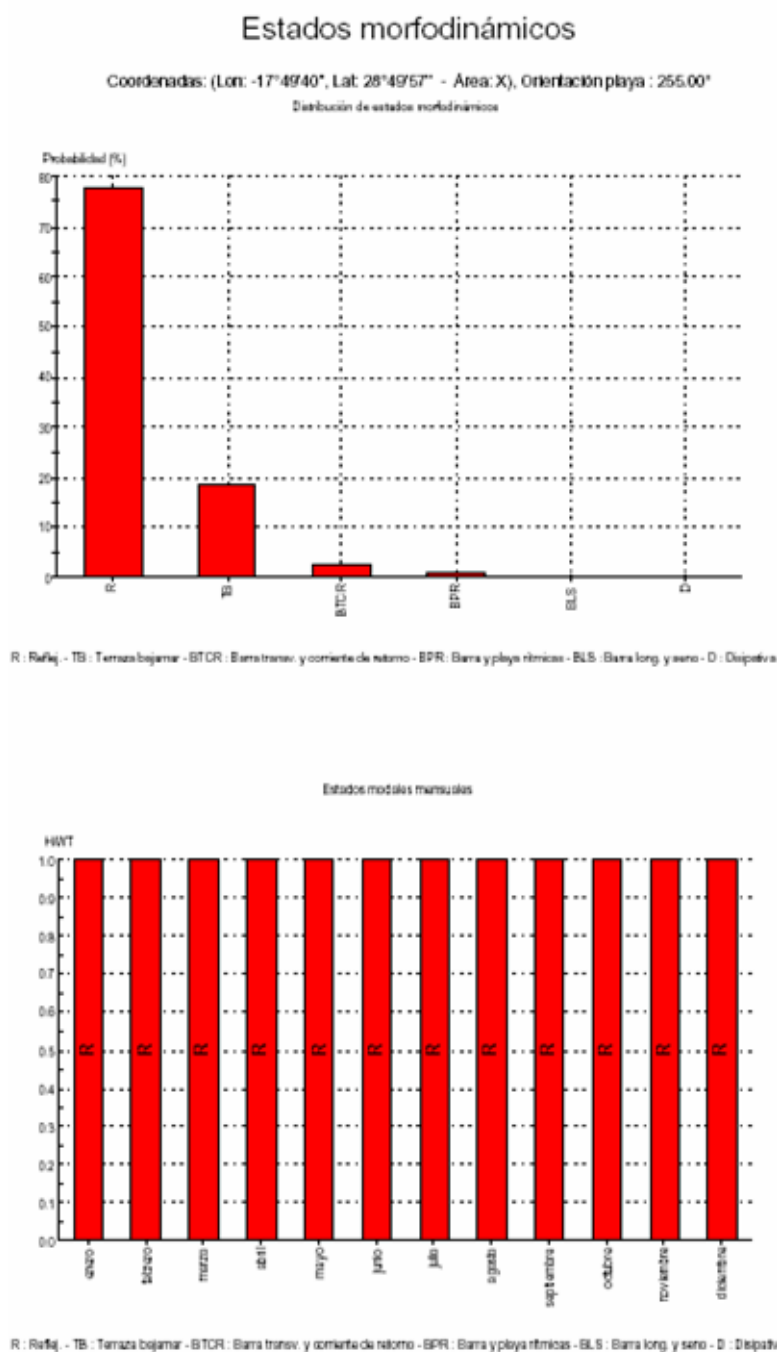


Figura 76 .- Estados morfodinámicos en la isla de La Palma, obtenidos con el SMC

La Figura 77 muestra las características de éste estado morfodinámico.

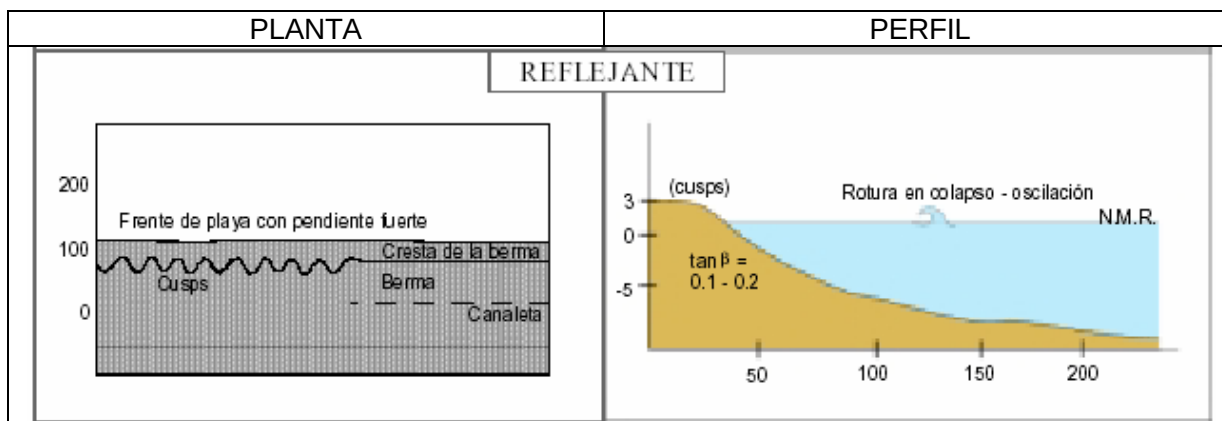


Figura 77 .- Características en planta y en perfil del estado morfodinámico reflectivo

La Figura 78 muestra el transporte sólido potencial en función de la orientación de la costa al aplicar la fórmula determinista (LITPACK), la del CERC y la de Kamphuis. Es importante recordar que los valores de transporte sólido obtenidos representan el transporte potencial, es por esto que se han obtenido valores tan altos, ya que existe una gran energía de oleaje; sin embargo no existe una gran cantidad de árido disponible, por lo que es de esperar que el transporte sólido real sea considerablemente menor que los valores obtenidos; para determinar su valor sería preciso disponer de datos de campo históricos, escasos por el momento. Es importante analizar los resultados ya que dan una indicación de la energía de oleaje disponible en cada zona, dando una aproximación al potencial de transporte, lo cual puede ser de gran utilidad en la planificación de actuaciones en la costa.

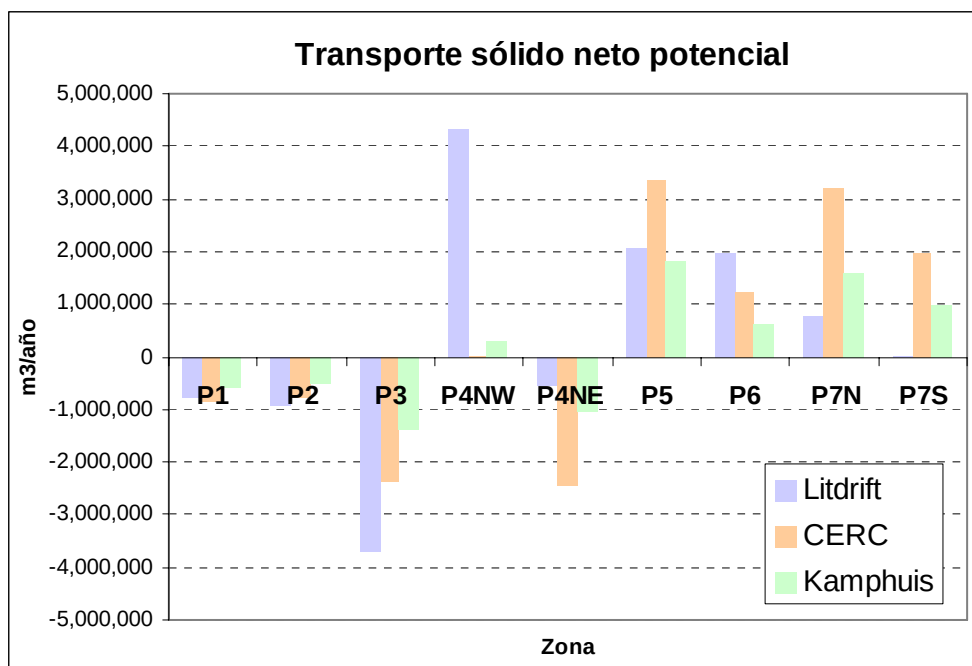


Figura 78 .- Transporte sólido longitudinal potencial en función de la orientación de la costa para distintas formulaciones (valores positivos indican transporte sólido hacia la derecha con el observador en la costa mirando el mar)

2.5.2. Conclusiones

Para la zona oeste de la isla (perfiles 1 y 2) los valores obtenidos mediante las distintas formulaciones son razonablemente similares (del mismo orden de magnitud), lo cual no ocurre en el resto de las zonas. La razón de esto es que la costa oeste cumple con los requisitos de todas las formulaciones (mar oceánico, pendiente media, etc.) sin embargo, el transporte potencial que se obtiene es alto, cercano a los 500.000 m³/año, dirigido hacia el sur.

La zona del perfil 3 muestra un transporte potencial muy alto hacia el sur, la razón de estos valores es que se trata de una zona directamente expuesta a los oleajes del norte y con una orientación cercana a la del transporte máximo. En esta zona no existen playas.

En la zona del perfil 4 existe una discrepancia en cuanto a la magnitud del transporte de acuerdo con cada formulación utilizada, sin embargo, la orientación noreste presenta un transporte a levante y la orientación noroeste un transporte a poniente, como es de esperarse debido al oleaje presente. Si bien los valores establecidos con LITDRIFT son muy altos, esta es la zona mas expuesta de La Palma.

La zona del perfil 5 al perfil 7 muestran transportes altos con dirección sur; la capacidad de transporte disminuye hacia el sur, que es la zona menos expuesta al oleaje dominante.

2.6. Estudio detallado de la dinámica litoral

2.6.1. Introducción

Los estudios presentados anteriormente presentan de manera general un panorama de los procesos costeros en la Isla de La Palma, en donde es posible conocer de manera aproximada el potencial de transporte sólido para toda la isla. En el análisis detallado se busca caracterizar los patrones de transporte para una zona dada, lo cual permita en un futuro poder planear y determinar el comportamiento de futuras actuaciones en la costa, e incluso la elaboración de planes, determinación de zonas de riesgo, etc.

El estudio detallado de la dinámica litoral se ha realizado sobre las 3 playas en las cuales este tipo de estudio se ha considerado apropiado:

- Tazacorte
- Puerto Naos
- Nogales

Si bien existen otras playas de importancia principalmente turística como lo es la Playa de Cancajos, estas son playas muy encajadas y tiene menor interés realizar dicho estudio.

2.6.2. Estrategia de modelación

Con el objeto de conocer la dinámica litoral en cada una de las zonas mencionadas, es necesario conocer la influencia del oleaje y de las mareas sobre el transporte sólido. Para obtener este conocimiento se ha realizado la modelación bidimensional de los procesos de oleaje, hidrodinámica y transporte de sedimentos. Se ha utilizado el sistema de modelación MIKE 21, desarrollado por el DHI - Water & Environment, aplicando el módulo NSW para la propagación de oleaje, el módulo HD para las condiciones hidrodinámicas y el módulo ST para el transporte sólido. Se dará una breve descripción de cada módulo en el apartado correspondiente del presente anejo.

La Figura 79 muestra el diagrama de flujo que se ha seguido en la modelización bidimensional, en la cual se muestra los datos de entrada utilizados en los modelos, las condiciones de borde, así como la interrelación entre los modelos.

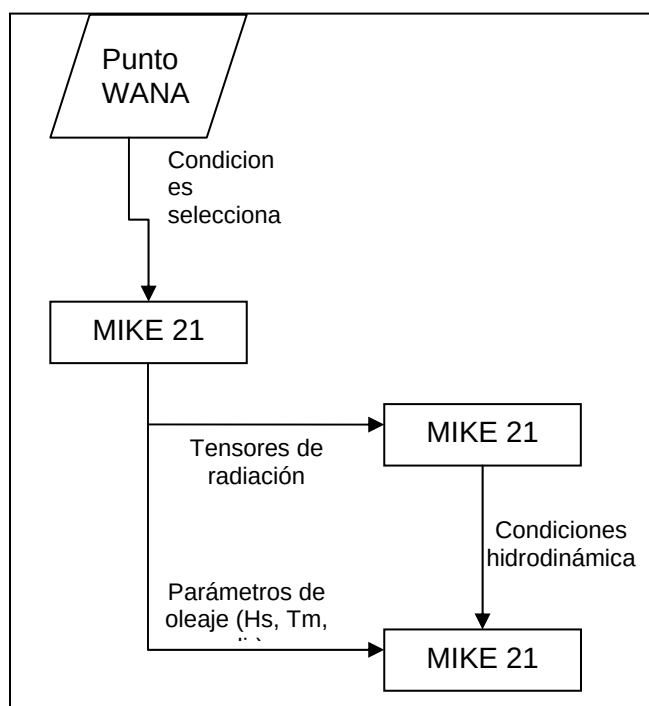


Figura 79 .- Diagrama de flujo de la modelización bidimensional

2.6.3. Propagación de oleaje

2.6.3.1. Selección de los eventos representativos de oleaje

Para realizar el análisis bidimensional de la dinámica litoral no es factible modelar todas las condiciones de oleaje, debido al tiempo de cómputo necesario. Por otro lado, es reconocido que ciertos eventos de oleaje, debido al valor de sus parámetros y de su ocurrencia, son los que tienen una mayor contribución al transporte sólido longitudinal.

De esta manera, a partir de la modelación con LITDRIFT, se estimó el transporte sólido para las distintas zonas de la Isla de La Palma, como se presentó anteriormente. Los resultados obtenidos por LITDRIFT también permiten estimar la contribución de cada una de las olas presentes al transporte sólido. De esta manera, es posible seleccionar los eventos de oleaje con mayor contribución al transporte sólido y proceder con la modelización bidimensional. Las siguientes figuras muestran las rozas de oleaje y las rozas de contribución al transporte sólido para cada una de las playas a modelizar. En estas figuras, el oleaje que se presenta de cada dirección y altura tiene una contribución al transporte sólido equivalente a la longitud de cada sector representado y dado por la escala gráfica de porcentaje.

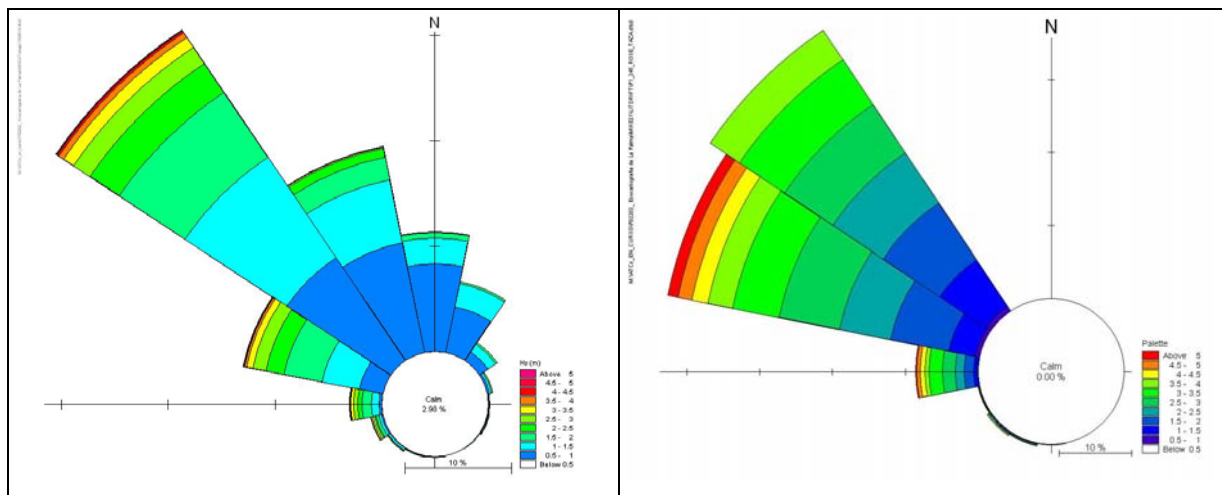


Figura 80 .- Rosa de oleaje WANA 10058014 y rosa de contribución al transporte sólido para Tazacorte y Puerto Naos

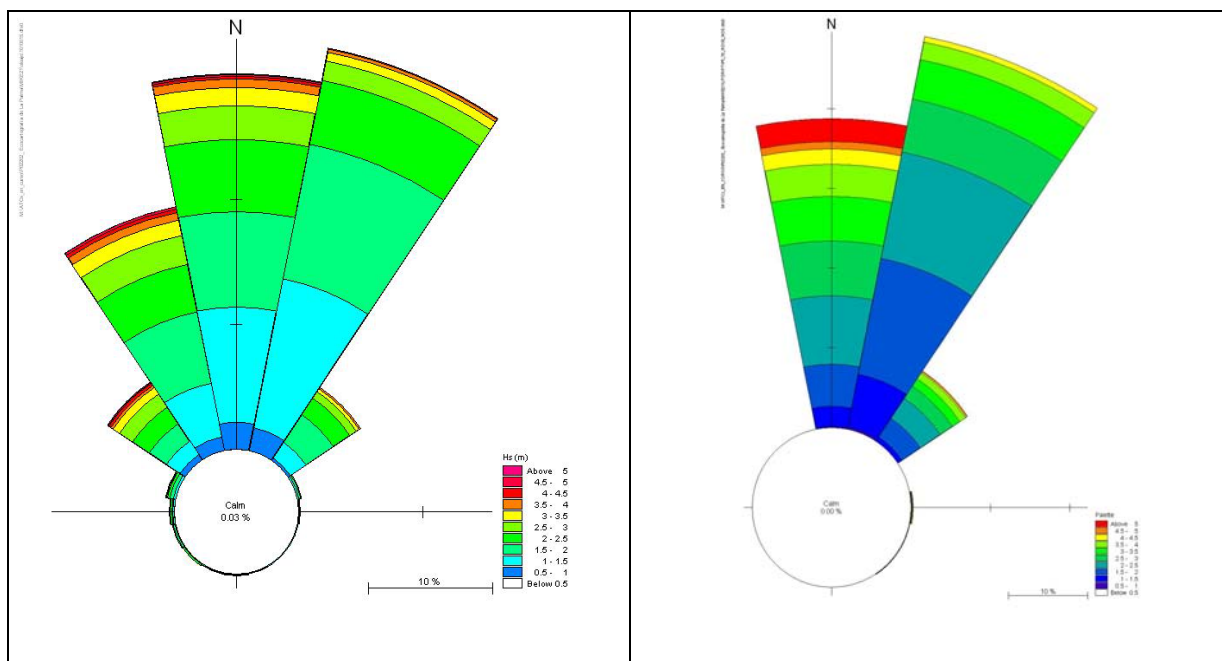


Figura 81 .- Rosa de oleaje WANA 1010015 y rosa de contribución al transporte sólido para Playa Nogales

De la rosa de contribuciones al transporte sólido se hace evidente cuales son los oleajes con mayor repercusión sobre las tasas de transporte, por lo que se puede hacer una selección de los eventos relevantes para ser utilizados en la modelización bidimensional, así como para establecer sus porcentajes de contribución al transporte.

Debido a la unidireccionalidad del transporte en las zonas de estudio, se consideró suficiente el utilizar dos oleajes para caracterizar el transporte sólido. Estos se presentan en la siguiente tabla.

ZONA	Hs	dir
Tzacorte	3.5	270
Tzacorte	3.5	292.5
Puerto Naos	3.5	270
Puerto Naos	3.5	292.5
Nogales	3.75	0
Nogales	2.25	22.5

Tabla 4.- Eventos de oleaje seleccionados para la modelación bidimensional

2.6.3.2. Propagación de oleaje en la zona de interés

Una vez seleccionados los eventos de oleaje se procedió a realizar la modelización bidimensional para la propagación de oleaje sobre la zona de interés. La propagación de oleaje se realizó aplicando el modelo NSW (Nearshore Spectral Wave), del sistema de modelado MIKE 21, con la finalidad de obtener los parámetros de oleaje sobre la zona de estudio, así como los tensores de radiación, información imprescindible para la modelización hidrodinámica y del transporte sólido.

El modelo de propagación de oleaje NSW (Nearshore Spectral Wave) es un modelo espectral basado en la aproximación de Holthuijsen et al. (1.989)⁵, que incluye asimismo las formulaciones de viento que se discuten y comparan en Johnson (1.998)⁶. El modelo NSW se usa para determinar campos de oleaje allí donde el fenómeno de difracción no es relevante, y sí lo son fenómenos tales como la generación del oleaje asociada al viento. Los fenómenos físicos que contempla este modelo son los siguientes:

- Dispersión direccional del oleaje
- Asomeramiento
- Refracción
- Fricción con el fondo
- Rotura del oleaje

⁵ HOLTHUIJSEN, L.H., BOOIJ, N, AND HERBERS, T.H.C. (1.989): **A prediction Model for Stationary, Short-crested Waves in Shallow Water with Ambient Currents**. Coastal Engineering, Vol. 13, pp. 23-54

⁶ JOHNSON, H.K. (1.998): **On modelling wind-waves in shallow and fetch limited areas using the method of Holthuijsen, Booij and Herbers**. Journal of Coastal Research. Vol. 14, No. 3, pp. 917-932

- Generación de oleaje por viento
- Interacción olas – corrientes

Las simulaciones para la propagación de oleaje se realizaron sobre una malla con una resolución de 5 m x 5 m, para cada una de las playas en cuestión. Las siguientes figuras muestran las batimetrías sobre las cuales se realizaron las simulaciones para cada una de las playas.

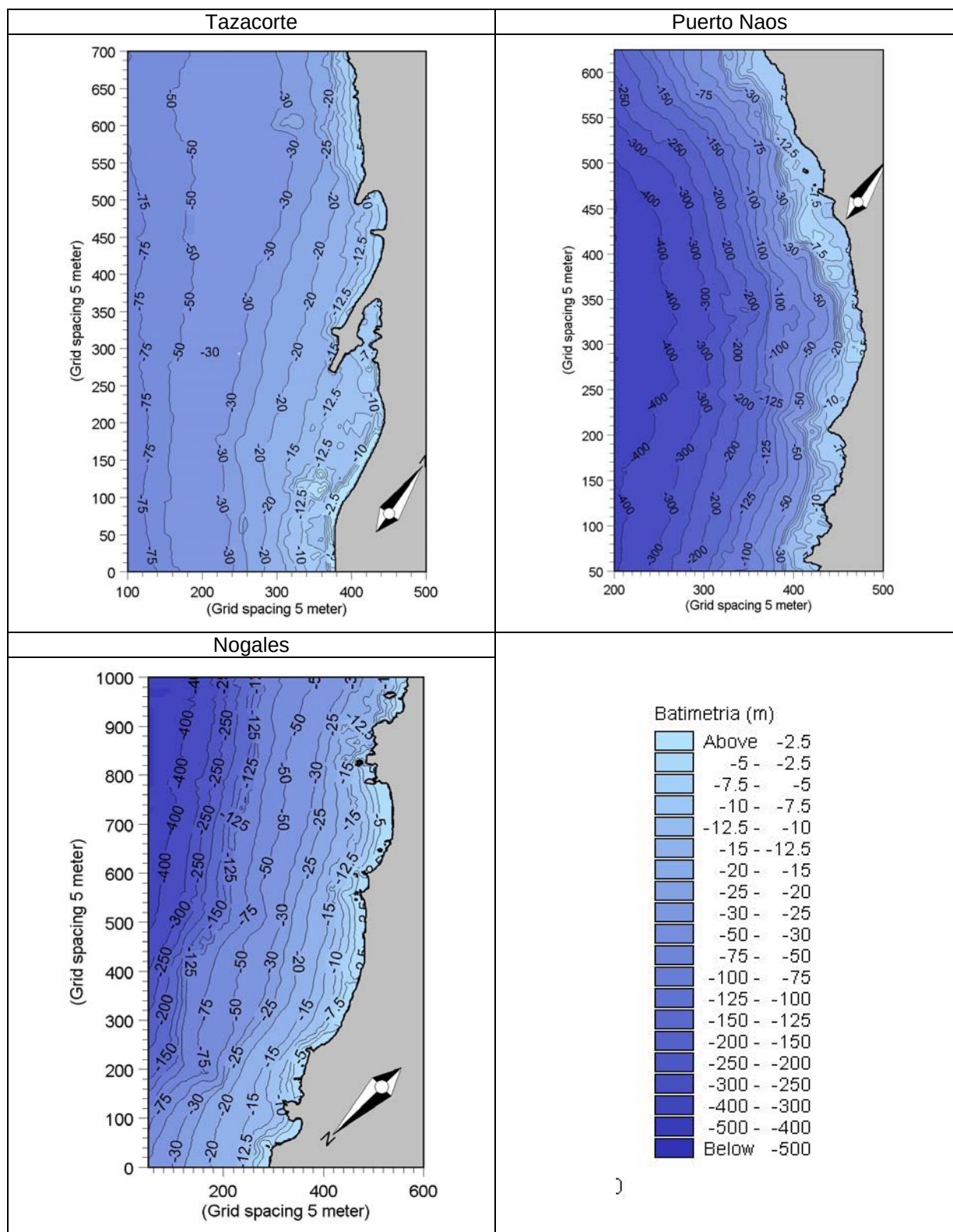


Figura 82 .- Batimetrías utilizadas en las simulaciones

A continuación se presentan los resultados de las propagaciones de oleaje para los oleajes seleccionados.

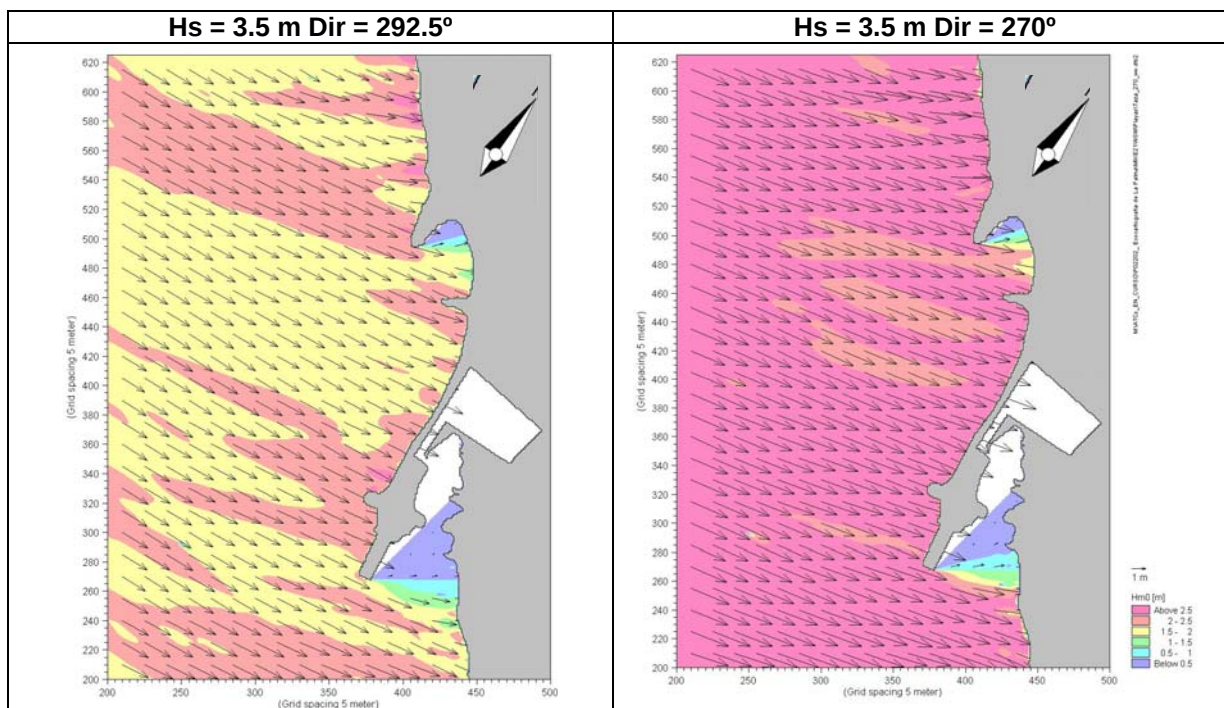


Figura 83 .- Resultados de la propagación de oleaje en Tazacorte

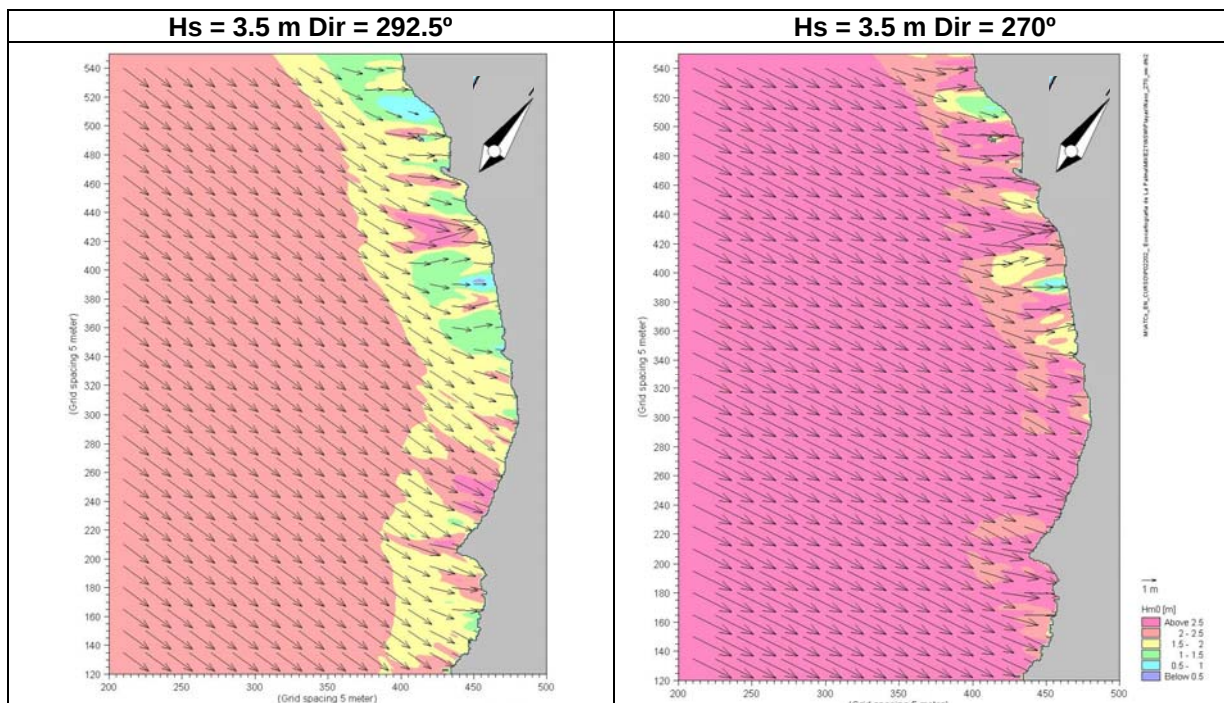


Figura 84 .- Resultados de la propagación de oleaje en Puerto Naos

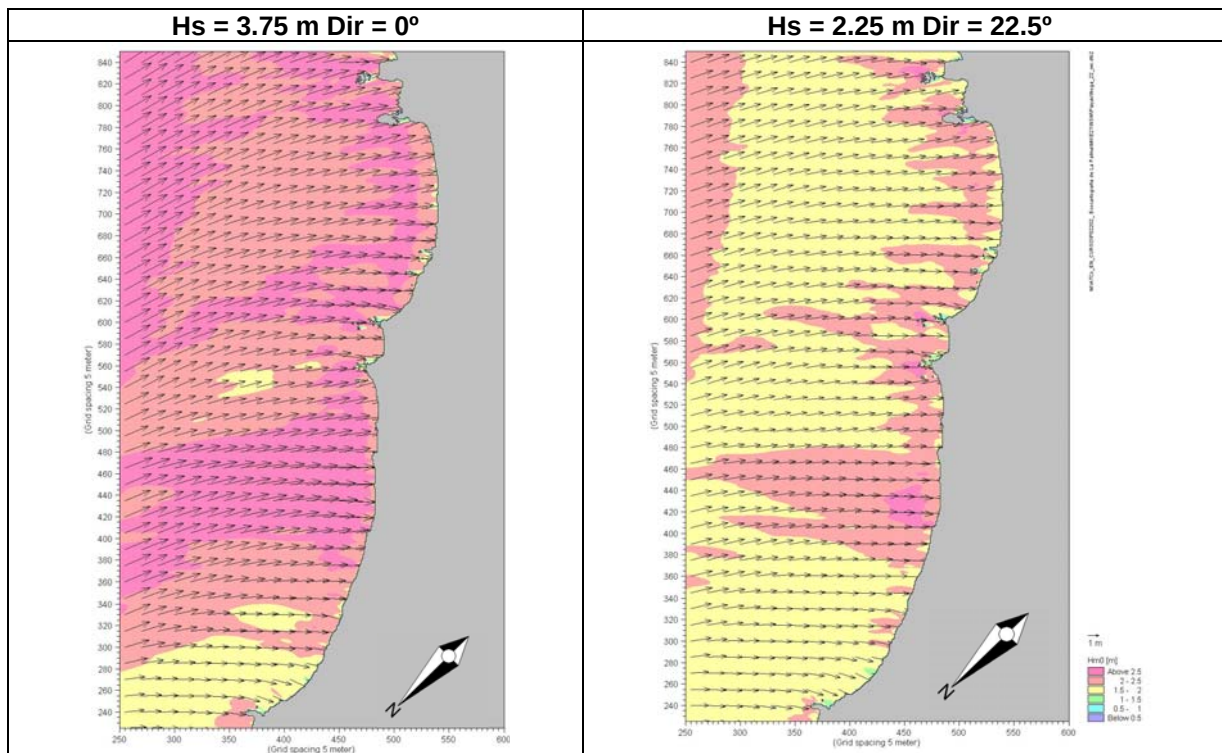


Figura 85.- Resultados de la propagación de oleaje en Nogales

2.6.4. Análisis hidrodinámico

Para conocer las condiciones hidrodinámicas de la zona se aplicó el modelo hidrodinámico HD del sistema MIKE 21. El objetivo de aplicar este modelo es el de conocer las corrientes generadas en la zona de estudio debido a los esfuerzos de radiación provocados por el oleaje (y obtenidos durante las simulaciones de propagación de oleaje presentadas anteriormente). De esta manera se han obtenido las corrientes generadas por oleaje.

El modelo HD simula las variaciones del nivel del mar y las variaciones en el flujo, en respuesta a las funciones de forzamiento en aguas costeras. Los niveles del mar y los flujos son resueltos en una malla rectangular que cubre el área de interés, incluyendo los efectos de fricción de fondo, forzamiento por viento, gradientes de presión barométrica, fuerzas de Coriolis, dispersión de momentum y corrientes inducidas por oleaje.

Las condiciones de borde utilizadas en el modelo fueron las corrientes ocasionadas por el oleaje y calculadas con el modelo WAVCUR, sobreponiendo los mapas de los tensores de radiación generadas por el NSW para las condiciones de oleaje seleccionadas anteriormente.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada una de las simulaciones.

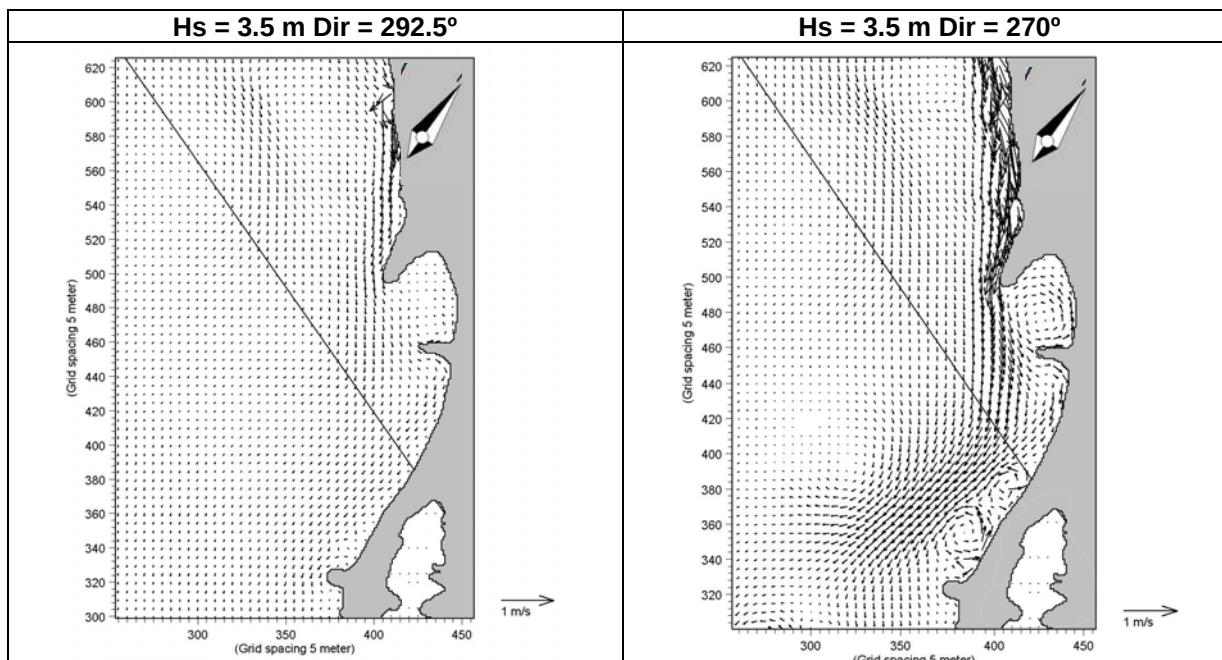


Figura 86 .- Resultados de la propagación de oleaje en Tazacorte

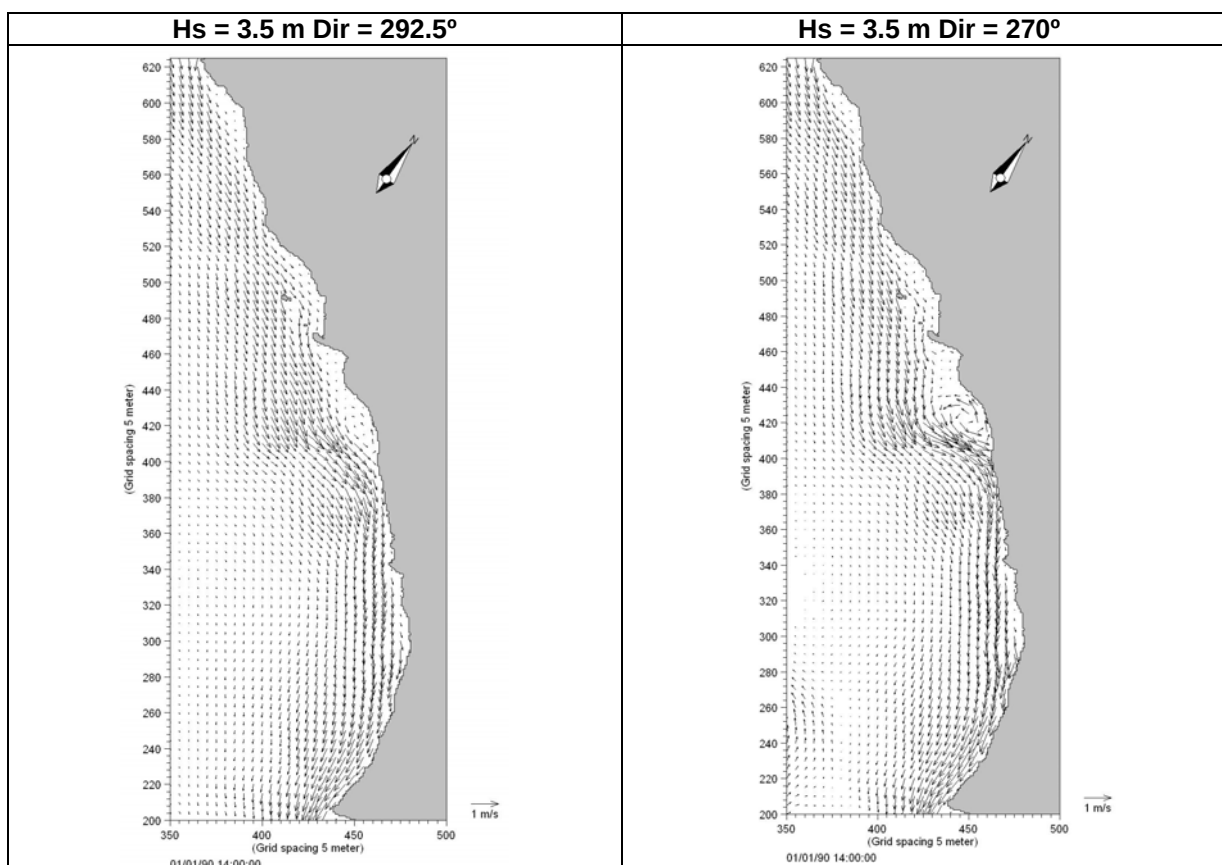


Figura 87 .- Resultados de la propagación de oleaje en Puerto Naos

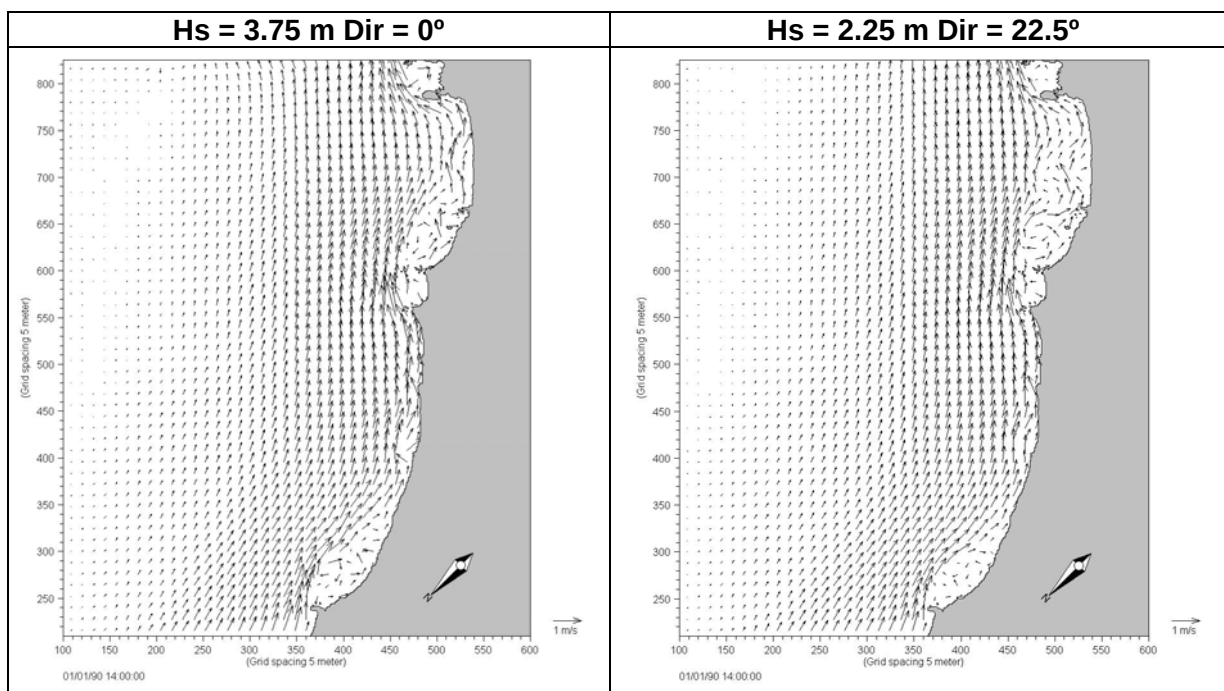


Figura 88 .- Resultados de la propagación de oleaje en Nogales

2.6.5. Transporte sólido

El transporte sólido se cálculo utilizando el modelo ST del sistema de modelación MIKE 21. Este modelo determina las tasas de transporte sólido bajo la acción combinada de corrientes y oleaje utilizando un modelo determinístico y calculando las tasas de erosión y acumulación utilizando la conservación de masa. Se realizaron simulaciones del transporte sólido para los distintos casos de oleaje, utilizando tanto los parámetros de oleaje (altura, período y dirección) así como las corrientes calculadas anteriormente.

Aplicando el porcentaje asociado a cada evento, es posible integrar los resultados de las simulaciones y obtener el mapa de transporte sólido integrado de la zona, que representan la condición media anual del transporte sólido y que se muestra de la Figura 89 a la Figura 91, para las distintas zonas modelizadas.



Figura 89 .- Capacidad de transporte sólido para la zona de estudio

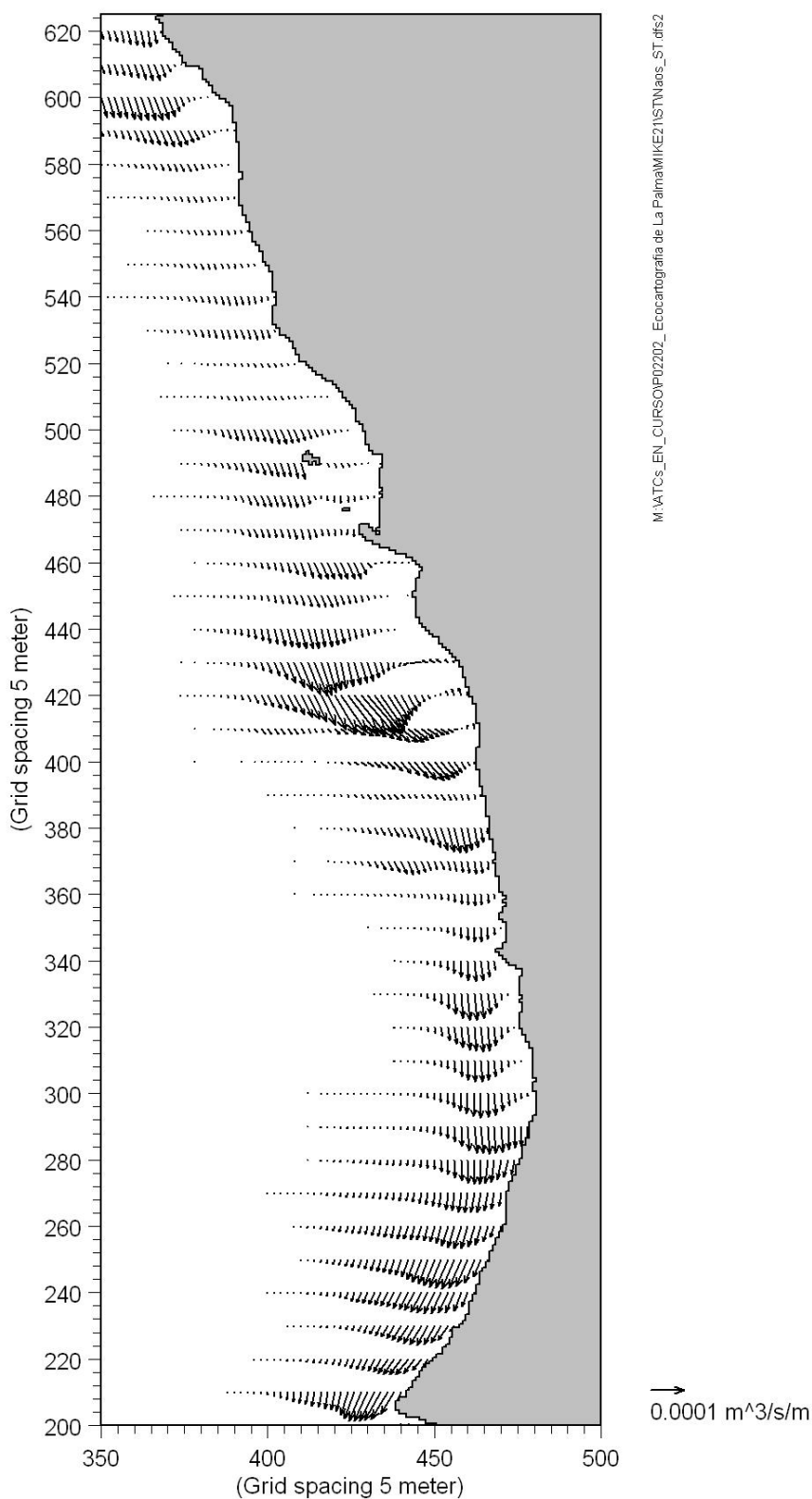


Figura 90 .- Capacidad de transporte sólido para la zona de estudio

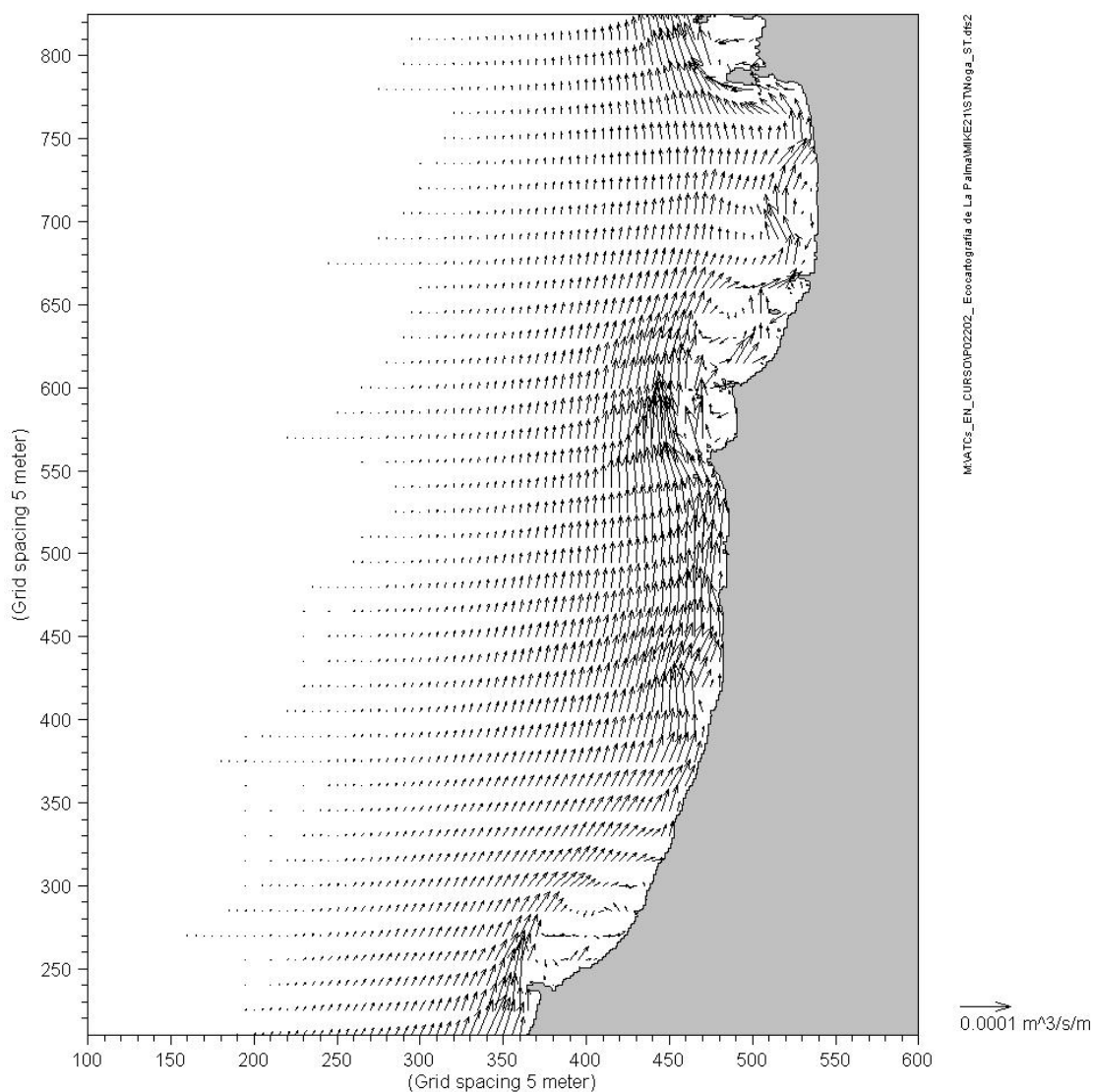


Figura 91 .- Capacidad de transporte sólido para la zona de estudio

2.6.6. Conclusiones

Las conclusiones que se pueden obtener de los resultados para cada zona son:

Tazacorte:

- ❑ Transporte sólido anual en la zona norte del orden de 170,000 m³/año, la capacidad de transporte disminuye hacia el dique de abrigo del Puerto de Tazacorte.
- ❑ La playa de Tazacorte presenta un transporte sólido muy reducido, estando la playa encajada y protegida por los diques.

- ❑ La playa apoyada en el dique de abrigo del Puerto de Tzacorte presenta un menor transporte y este disminuye considerablemente hacia la entrada del Puerto.

Puerto Naos:

- ❑ En esta zona la capacidad de transporte es muy similar a la zona norte de Tzacorte, estando en el orden de 170.000 m³/año.
- ❑ Existe un mayor potencial de transporte en la zona norte de Puerto Naos, reduciéndose considerablemente hacia la zona central y volviendo a aumentar, aunque en menor cantidad, en la zona sur, donde se encuentra apoyada esta playa.

Playa de Nogales:

- ❑ Existe una capacidad de transporte sólido muy alta, estando en el orden de los 600.000 m³/año, con dirección al sureste.
- ❑ El patrón de transporte muestra un incremento en la parte central de Playa de Nogales

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LAS PLAYAS

3.1. Introducción

En el presente informe se recogen los resultados de los trabajos encaminados a definir la situación de las playas presentes en la costa de la isla. Los trabajos realizados han sido:

- ❑ Trabajos de campo
 - Recogida de datos
 - Datos de campo
 - Estudios realizados
- ❑ Trabajos de gabinete
 - Recopilación de documentación histórica
 - Evaluación de la evolución de las playas
 - Caracterización del clima marítimo
 - Dinámica litoral general
 - Evaluación del estado evolutivo
 - Clasificación de las playas
 - Base de datos



Figura 92 .- Ubicación de las playas

3.2. Caracterización del clima marítimo

3.2.1. Ubicación de la zona y fuentes de datos

En la Figura 93 se muestra la zona de obtención de datos alrededor de la isla de La Palma con los puntos Wana de los que se han obtenido los datos de viento y oleaje. La Figura 94 muestra, ampliada, la posición de todos estos puntos de registro de datos de oleaje y viento.

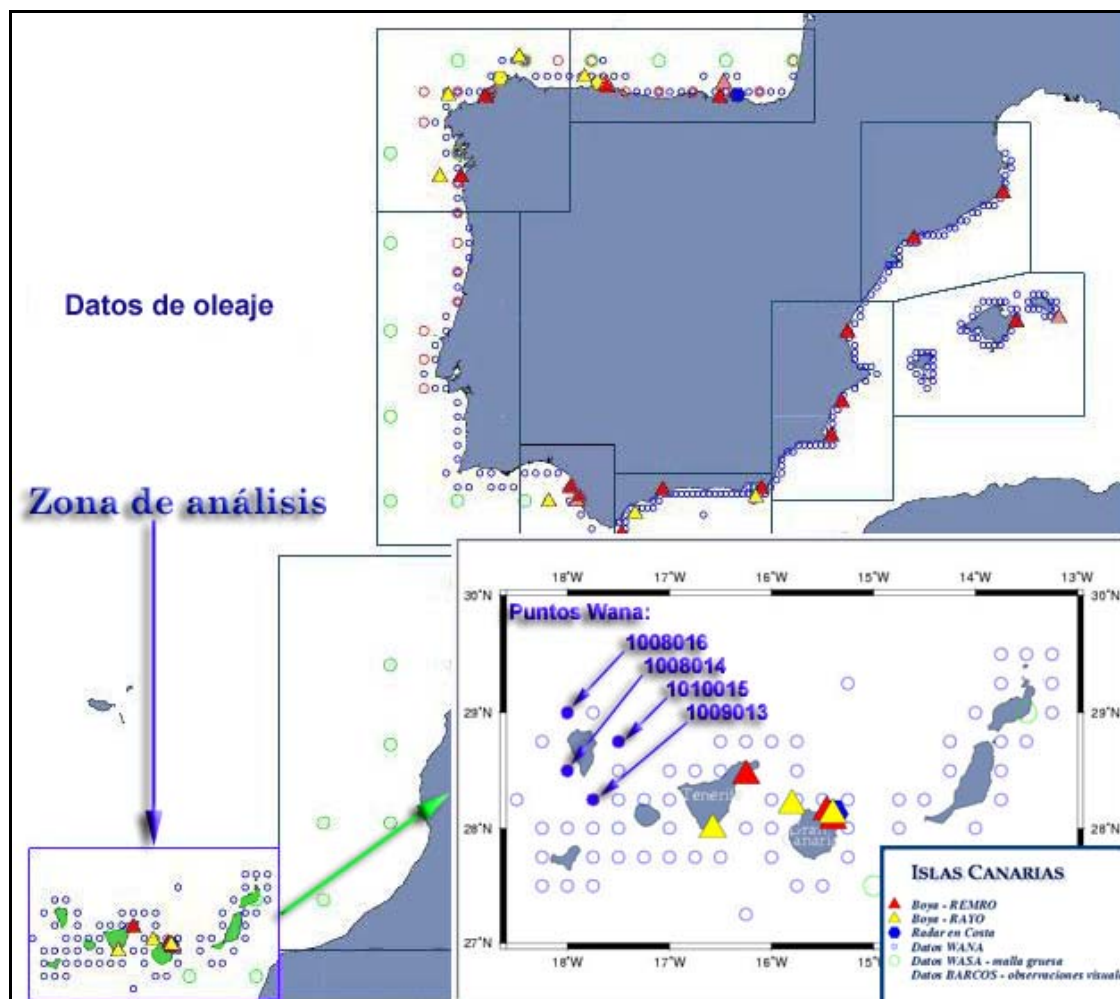


Figura 93 .- Zona de obtención de datos

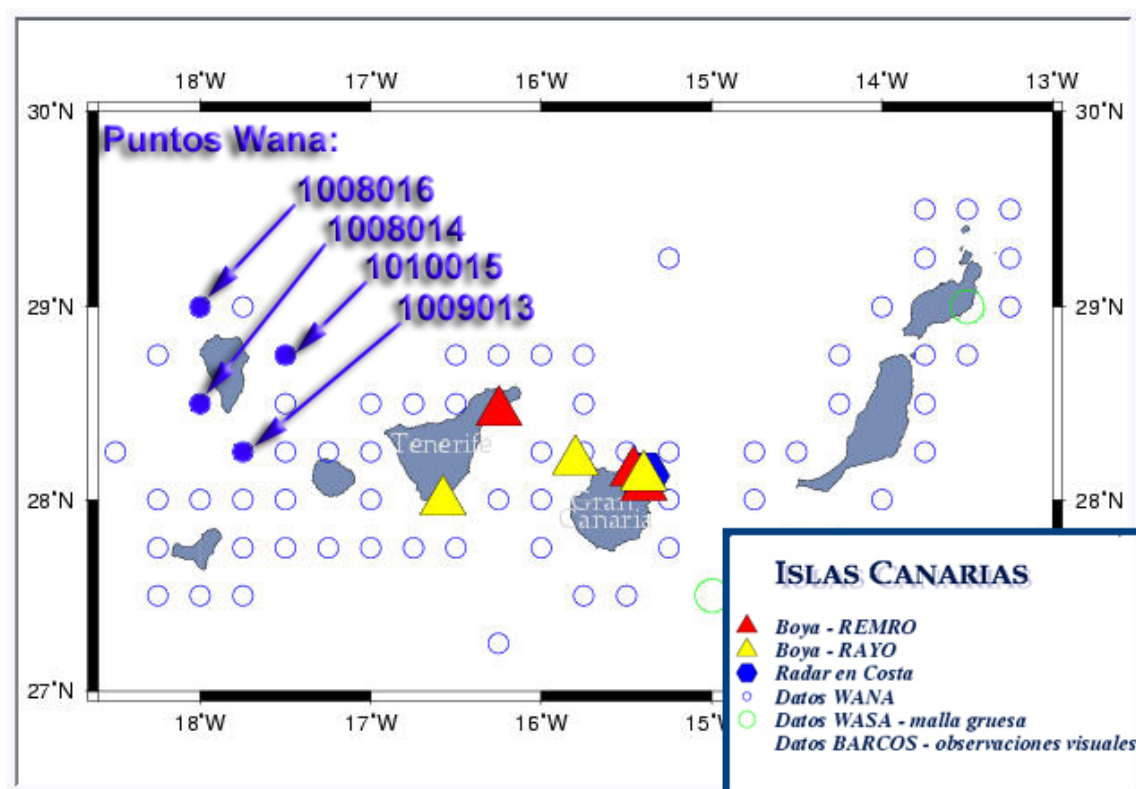


Figura 94 .- Fuente de datos de oleaje

Los puntos Wana elegidos son: 1008016, 1008014, 1009013 y 1010015. Según se observa en la Figura 94, se ha elegido un punto Wana por cada fachada litoral de la isla. La posición geográfica de cada uno de los puntos es la indicada en la Tabla 5.

Punto Wana 1008016		Latitud	29° 00' 00" N
Cobertura	1995 - 2003	Longitud	18° 00' 00" W
Punto Wana 1008014		Latitud	28° 30' 00" N
Cobertura	1995 - 2003	Longitud	18° 00' 00" W
Punto Wana 1009013		Latitud	28° 15' 00" N
Cobertura	1995 - 2003	Longitud	17° 45' 00" W
Punto Wana 1010015		Latitud	28° 45' 00" N
Cobertura	1995 - 2003	Longitud	17° 30' 00" W

Tabla 5.- Posición de los puntos WANA elegidos

En la Figura 95 se muestra de forma detallada la posición de cada uno de los puntos Wana elegidos, sobre una batimetría digitalizada del entorno de la isla.

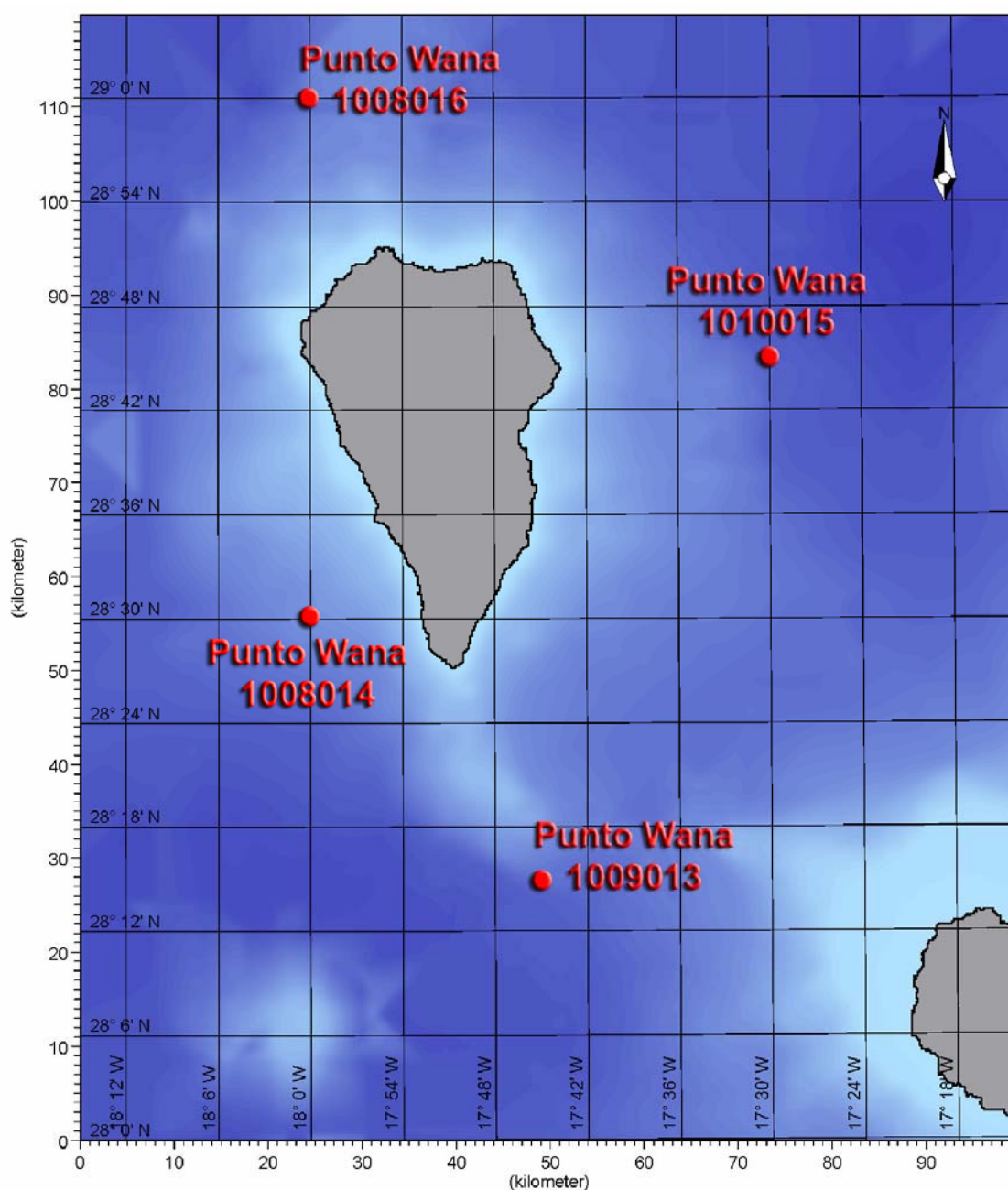


Figura 95 .- Posición de los puntos WANA alrededor de la isla de La Palma

3.2.2. Sobre los puntos WANA

Los datos procedentes de los puntos WANA son campos analizados del proceso de predicción diaria de oleaje, procedentes de las salidas del modelo de generación de oleaje WAM. Estos datos son validados constantemente, por lo que se les admite una alta fiabilidad, en cualquier caso suficiente para confeccionar los regímenes medios de oleaje. La malla utilizada es de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ en el Atlántico, con registros cada 3 horas.

Los parámetros que se obtienen en estos puntos son:

- Altura significativa
- Periodo medio
- Periodo de pico del espectro
- Dirección media de propagación del oleaje
- Altura de mar de viento y mar de fondo
- Dirección de mar de viento y mar de fondo

Asimismo se obtienen datos referentes al campo de viento (éstos proceden de mediciones y constituyen el dato de entrada al modelo).

Más referencias sobre el modelo se pueden encontrar al final del presente anejo, en el apartado 3.2.7.1.

3.2.3. Datos obtenidos en los puntos de la red WANA

Para facilitar la lectura de la información de cada uno de los puntos de registro se mostrará la información de cada uno de los grupos de datos en epígrafes independientes. En este apartado se mostrarán las rosas de oleaje y las series temporales anuales.

Según se indica en la Tabla 5, el periodo de cobertura de los puntos WANA elegidos se encuentra entre los años 1.995 y 2.003. Según se ha indicado se representarán por una parte, las series temporales y por otra las rosas de oleaje obtenidas en ese periodo. El parámetro que indica la eficacia hace referencia al porcentaje de datos válidos obtenidos sobre el volumen anual de datos esperado. Obviamente, cuanto más próximo sea este valor al 100 %, más fiabilidad presentará la rosa representada.

Las series temporales anuales permiten apreciar inmediatamente dos cuestiones:

- por una parte, permite comprobar de un vistazo la eficacia de los datos en cuanto a cobertura temporal
- por otra parte, proporciona inmediata información de la importancia del oleaje, en cuanto a su intensidad

3.2.3.1. Punto Wana 1008016

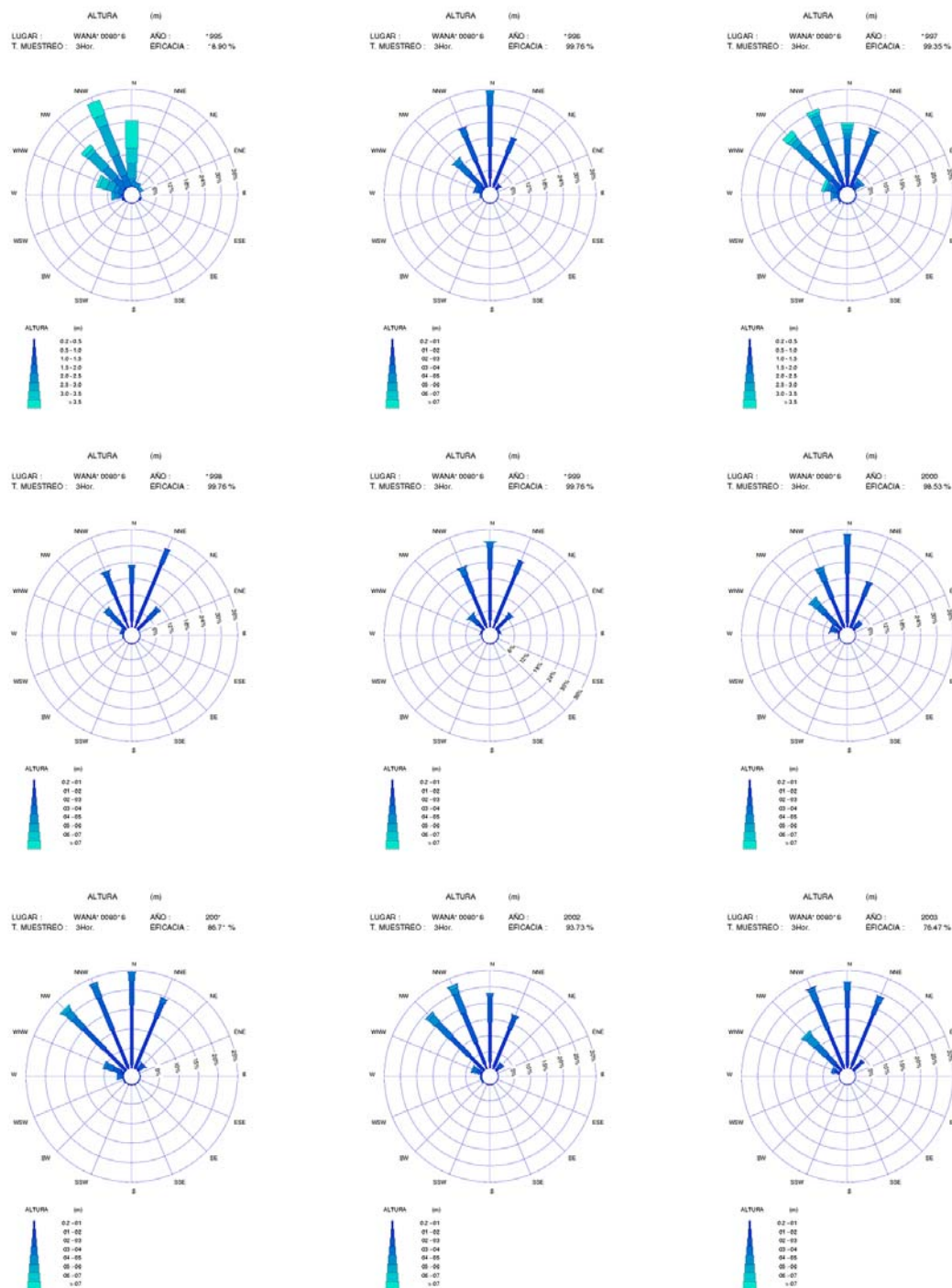


Figura 96 .- Rosas de oleaje en el punto WANA 1008016 (años 1.995 a 2.003)

En la misma, se observa que las direcciones más representativas son las procedentes del cuadrante comprendido entre NNE y NW.

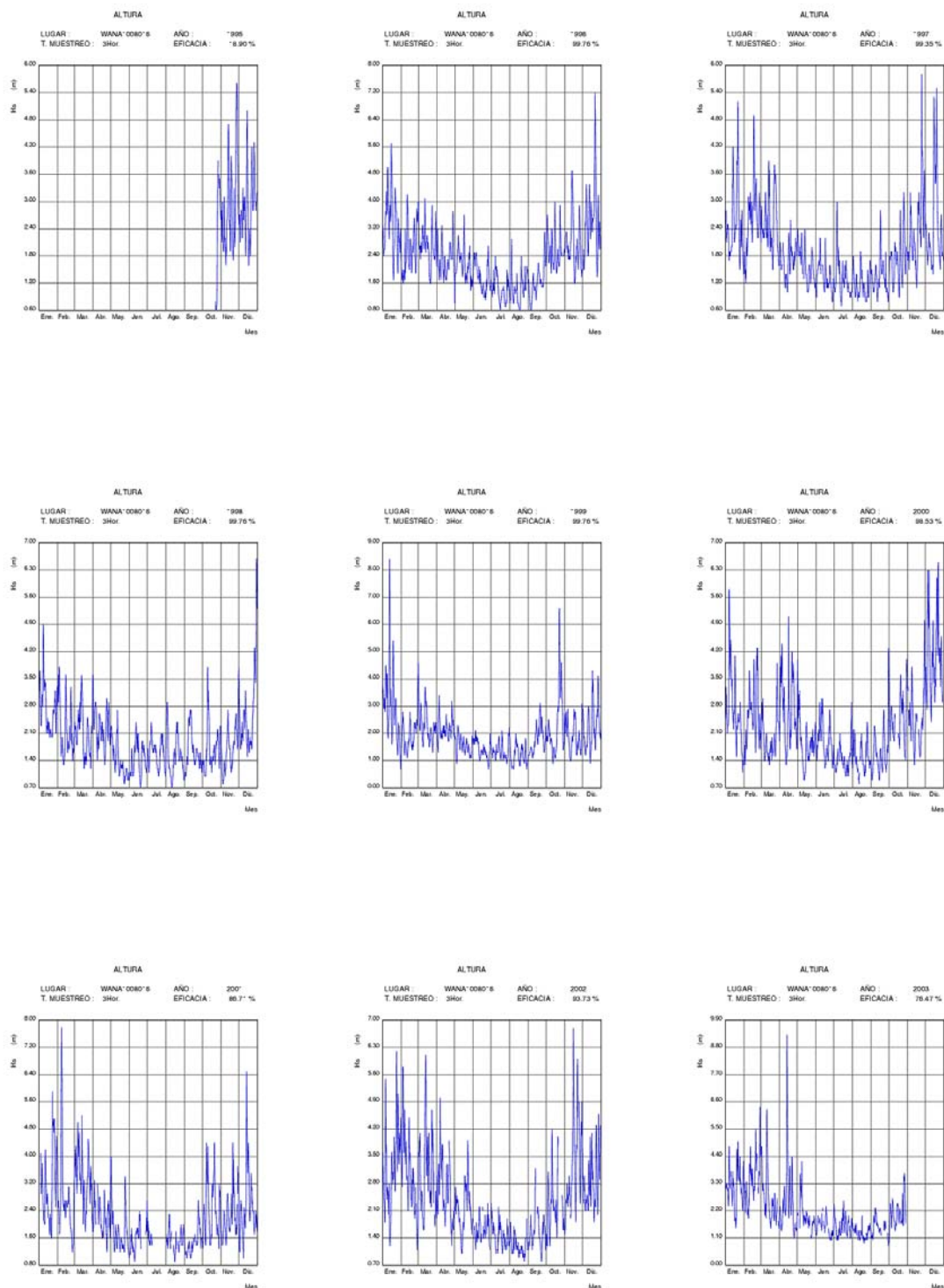


Figura 97 .- Series temporales de oleaje en el punto WANA 1008016 (años 1.995 a 2.003)

3.2.3.2. Punto Wana 1008014

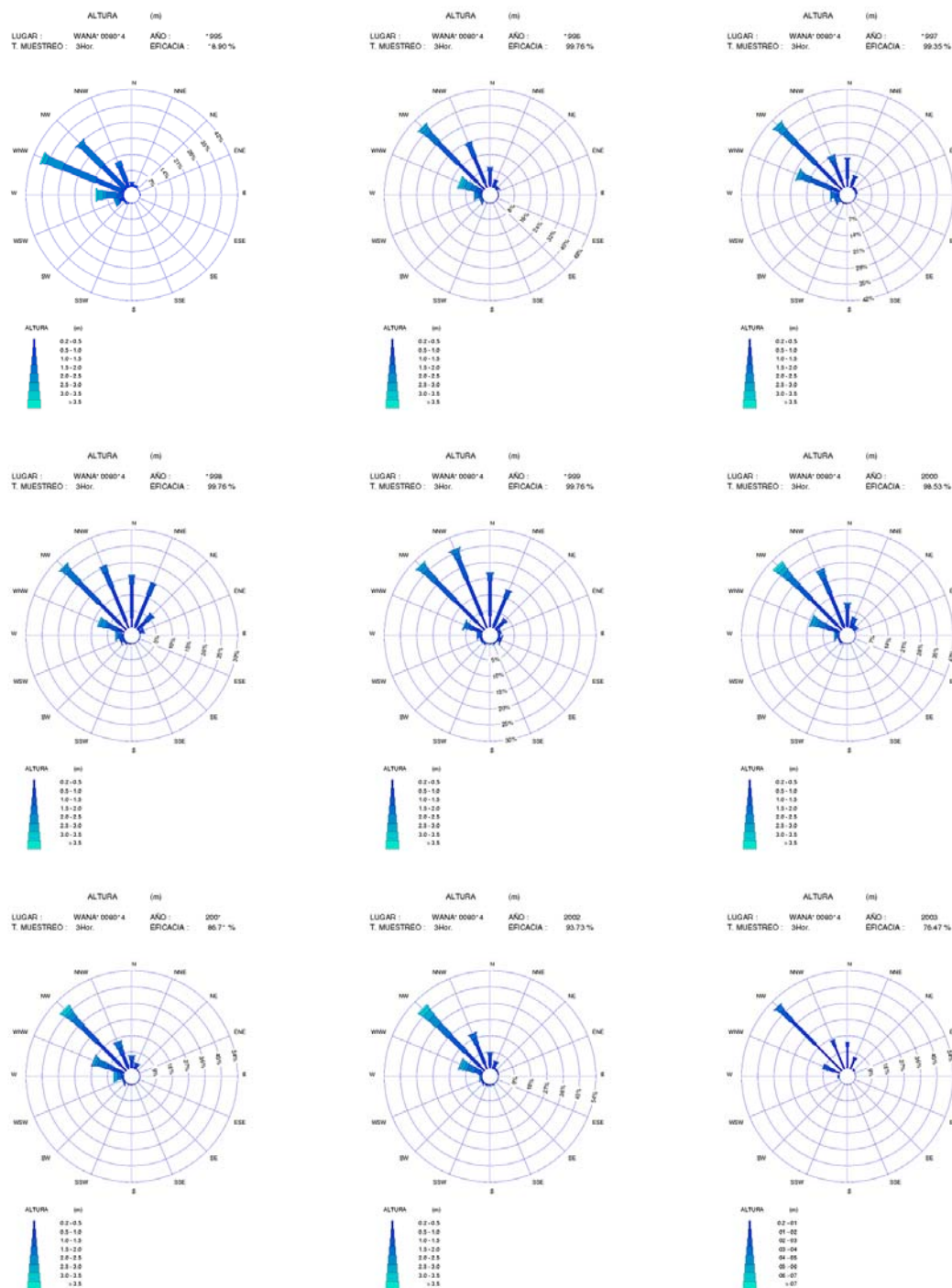


Figura 98 .- Rosas de oleaje en el punto WANA 1008014 (años 1.995 a 2.003)

En la misma, se observa que las direcciones más representativas son las procedentes del cuadrante comprendido entre WNW y NNW.

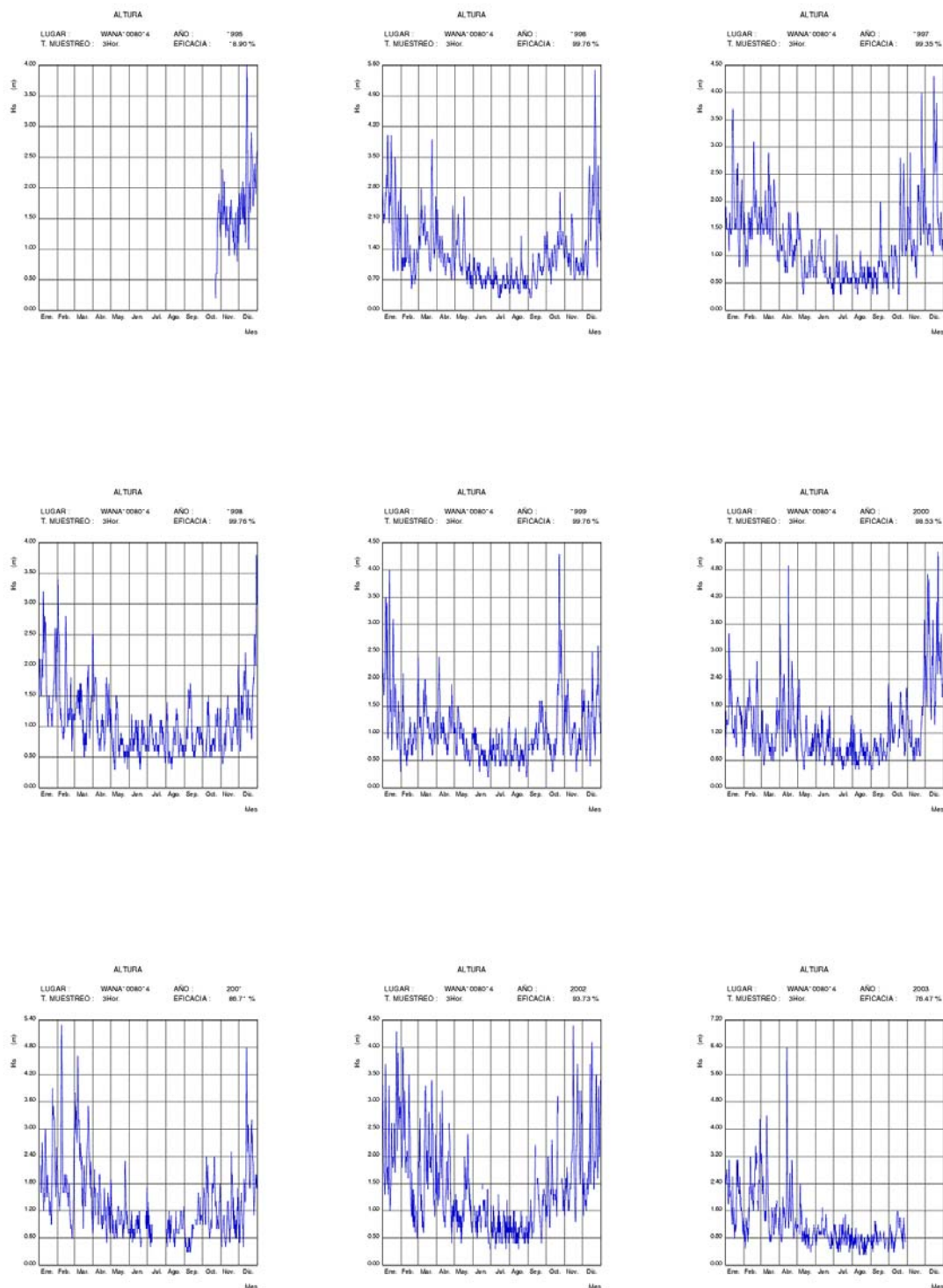


Figura 99 .- Series temporales de oleaje en el punto WANA 1008014 (años 1.995 a 2.003)

3.2.3.3. Punto Wana 1009013

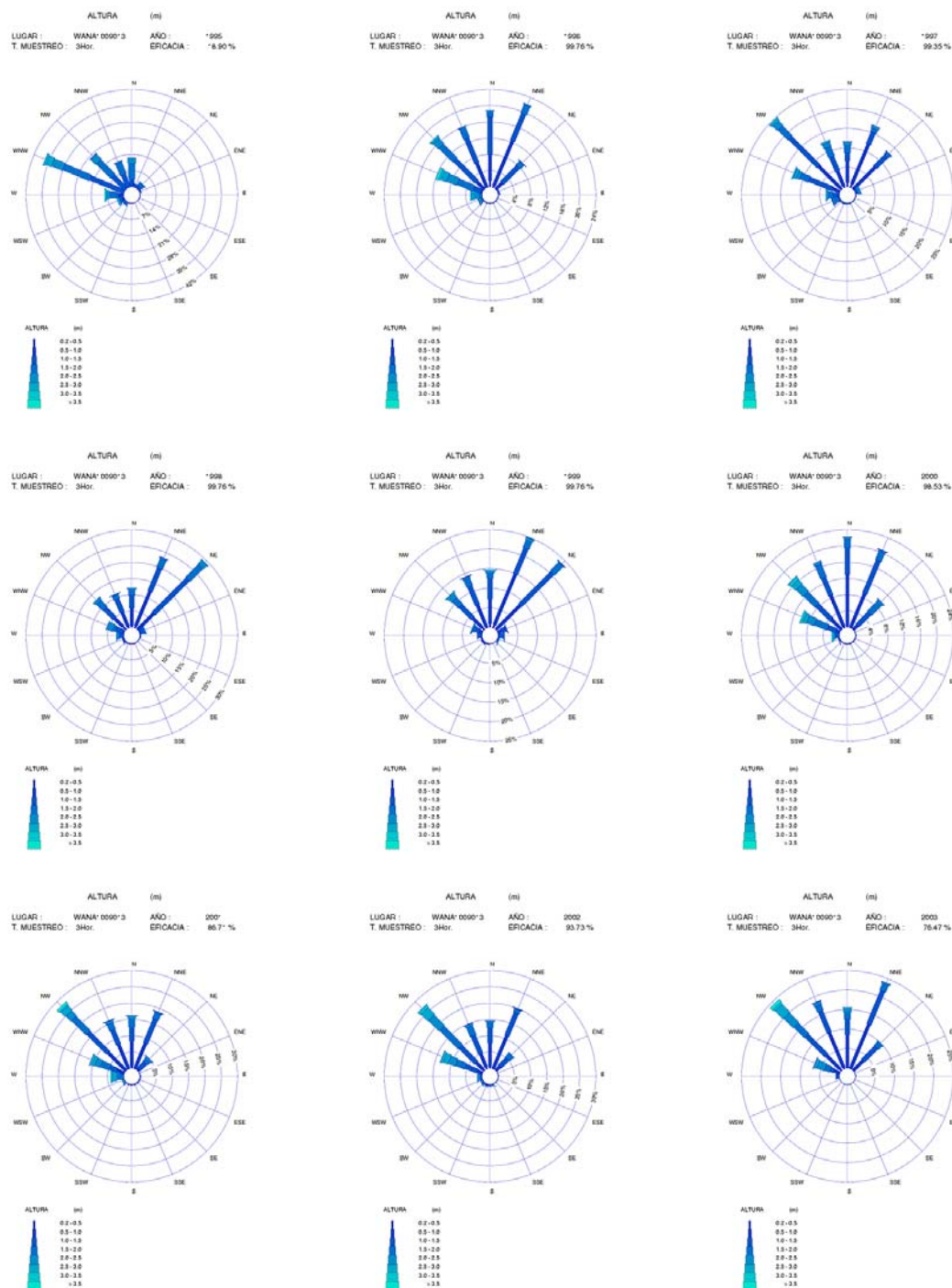


Figura 100 .- Rosas de oleaje en el punto WANA 1009013 (años 1.995 a 2.003)

En la misma, dada la posición del punto de registro, se observa que las direcciones más representativas son el NW y el NNE y de las direcciones comprendidas entre ambas.

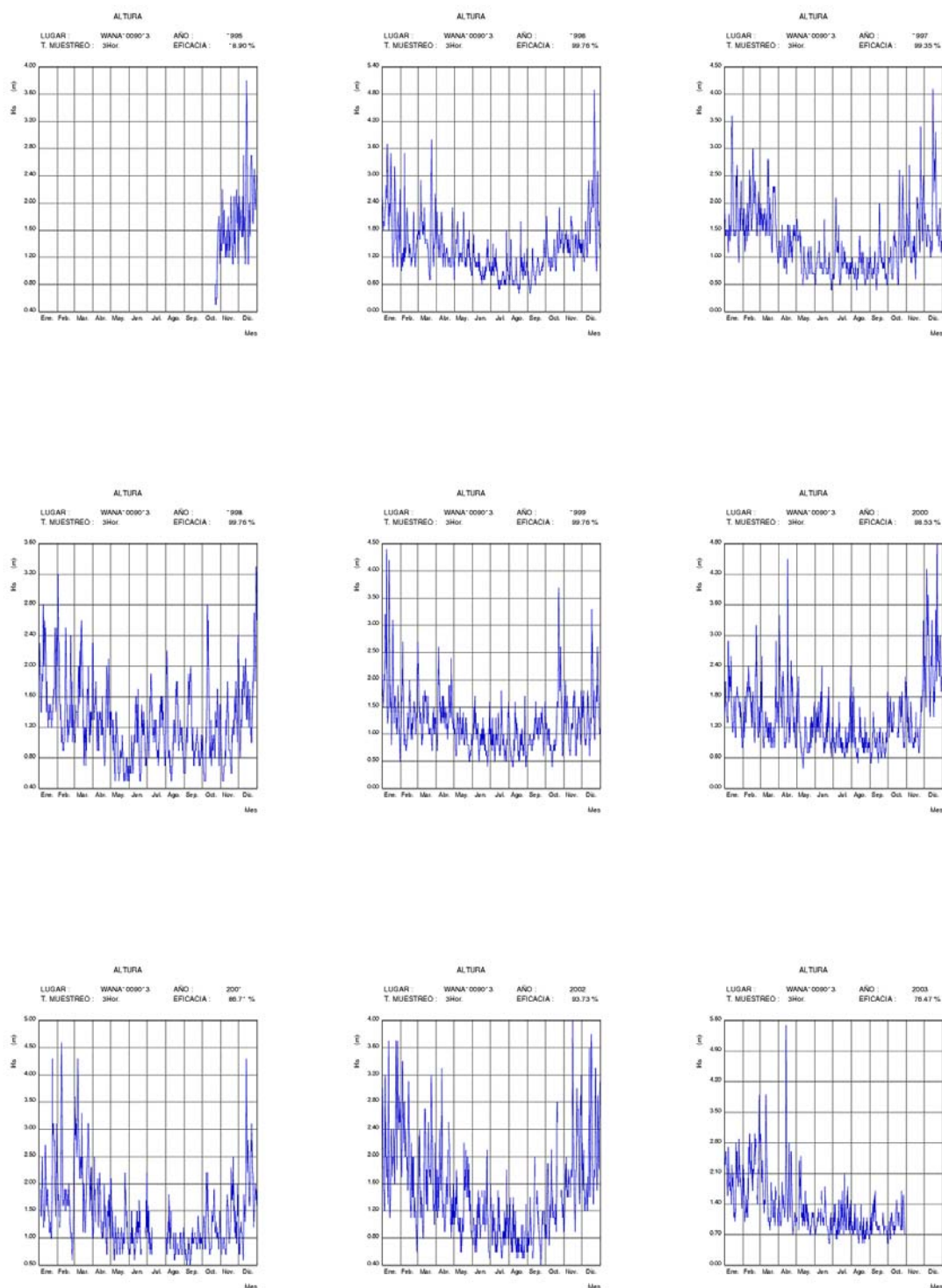


Figura 101 .- Series temporales de oleaje en el punto WANA 1009013 (años 1.995 a 2.003)

3.2.3.4. Punto Wana 1010015

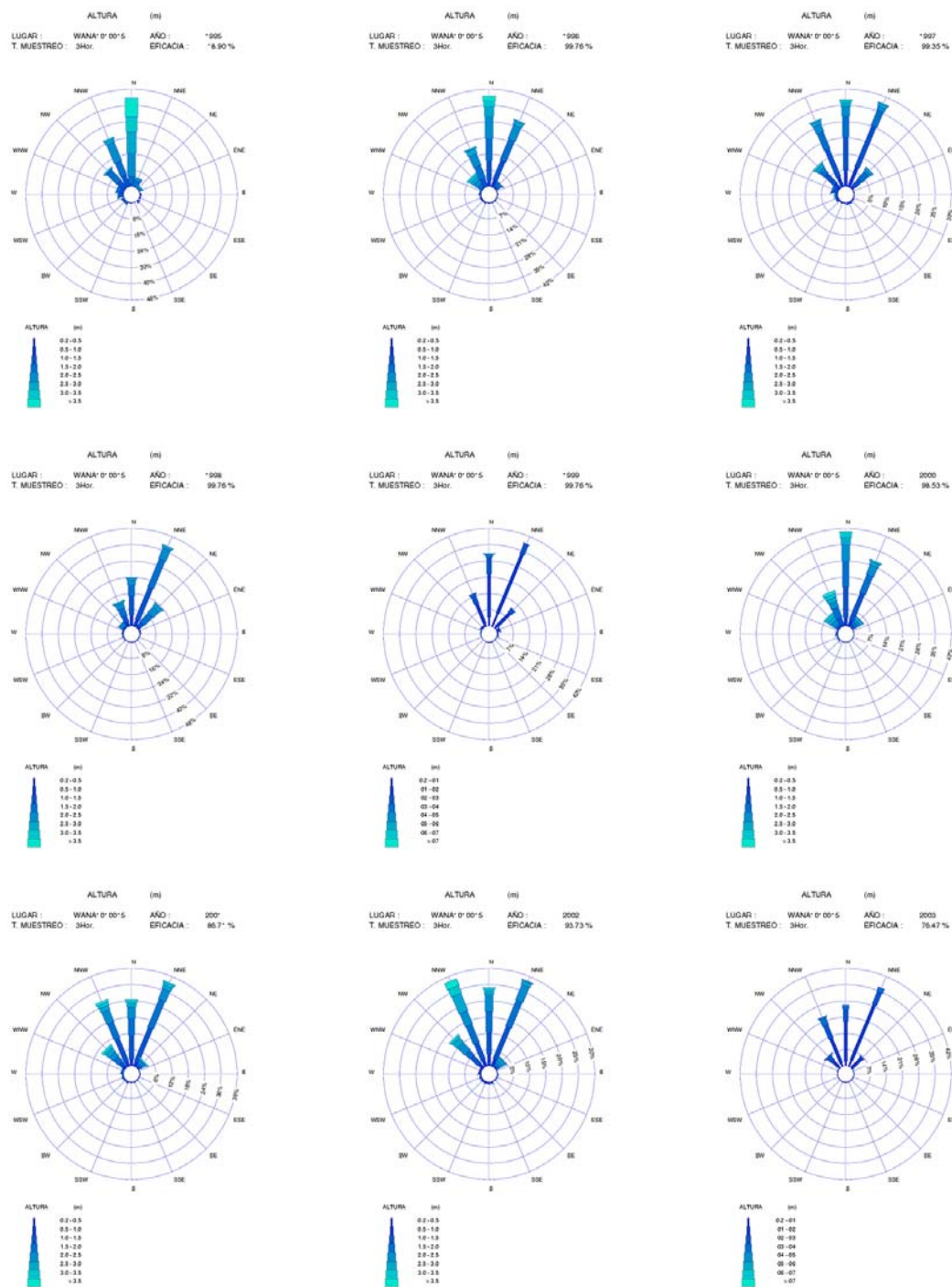


Figura 102. - Rosas de oleaje en el punto WANA 1010015 (años 1.995 a 2.003)

En la misma, se observa que las direcciones más representativas son NNW, N y NNE.

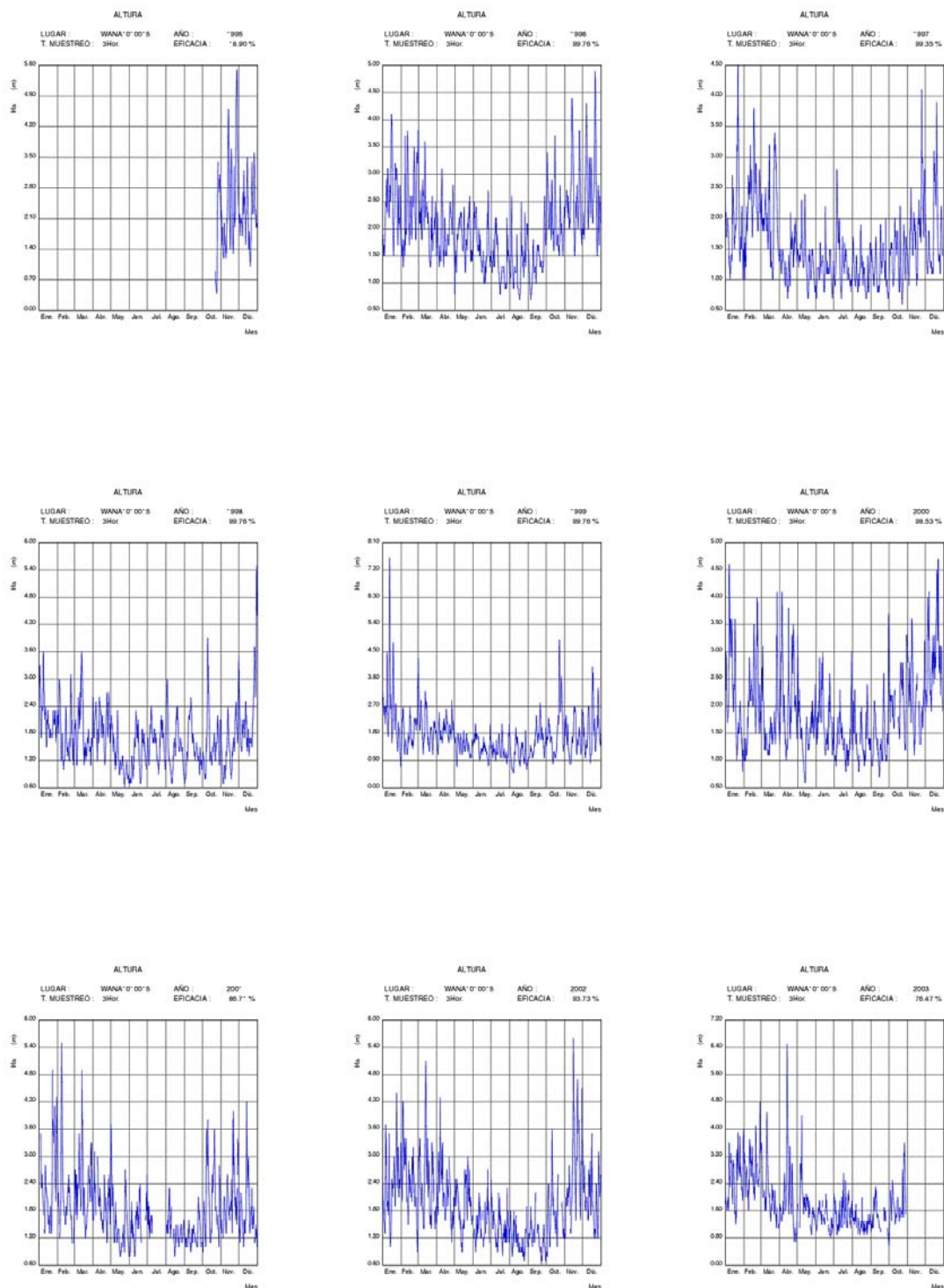


Figura 103 .- Series temporales de oleaje en el punto WANA 1010015 (años 1.995 a 2.003)

3.2.4. Regímenes medios de oleaje

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente se pueden dar en la Naturaleza.

Si se representan los datos en forma de histograma no acumulado, el régimen medio vendrá definido por aquella banda de velocidades en la que se contiene la masa de probabilidad que hay entorno al máximo del histograma.

El régimen medio se describe, habitualmente, mediante una distribución teórica que ajusta dicha zona media o central del histograma. Es decir, no todos los datos participan en el proceso de estimación de los parámetros de la distribución teórica, sólo lo hacen aquellos cuyos valores de presentación caen en la zona media del histograma.

La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es la de Weibull, cuya expresión es la siguiente:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-B}{A}\right)^C\right) \quad [3-1]$$

El parámetro B es conocido como parámetro de centrado y su valor ha de ser menor que el menor de los valores ajustados; A es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0; finalmente, C es el parámetro de forma y suele moverse entre 0,5 y 3,5.

El régimen medio, generalmente, suele representarse de una forma grafica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teórico, todo ello en una escala especial en la cual Weibull aparece representada como una recta.

Ajustar los datos a una distribución teórica, en vez de utilizar el histograma permite obtener una expresión compacta que suaviza e interpola la información proporcionada por el histograma.

El régimen medio está directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de oleaje en el que, por término medio, se va desenvolver una determinada actividad influida por el estado del mar.

En el presente informe se presenta para cada uno de los puntos de obtención de datos el régimen medio del oleaje siguiendo diferentes criterios de selección o agrupación de los datos. En primer lugar, se presenta el régimen medio sobre la totalidad de los años completos registrados; seguidamente, se presentan los regímenes medios estimados sobre los datos agrupados por estaciones climáticas; finalmente, y de modo opcional, los regímenes medios para los datos agrupados por direcciones.

3.2.4.1. Punto Wana 1008016

3.2.4.1.1. Regímenes escalares

3.2.4.1.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 104 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

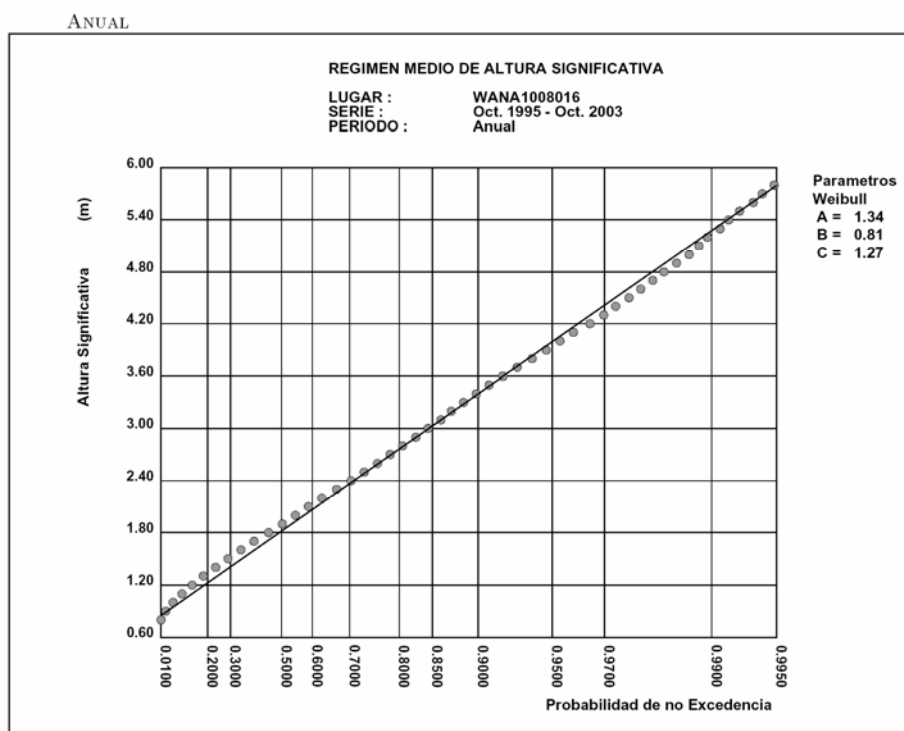


Figura 104 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.81}{1.34}\right)^{1.27}\right) \quad [3-2]$$

3.2.4.1.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

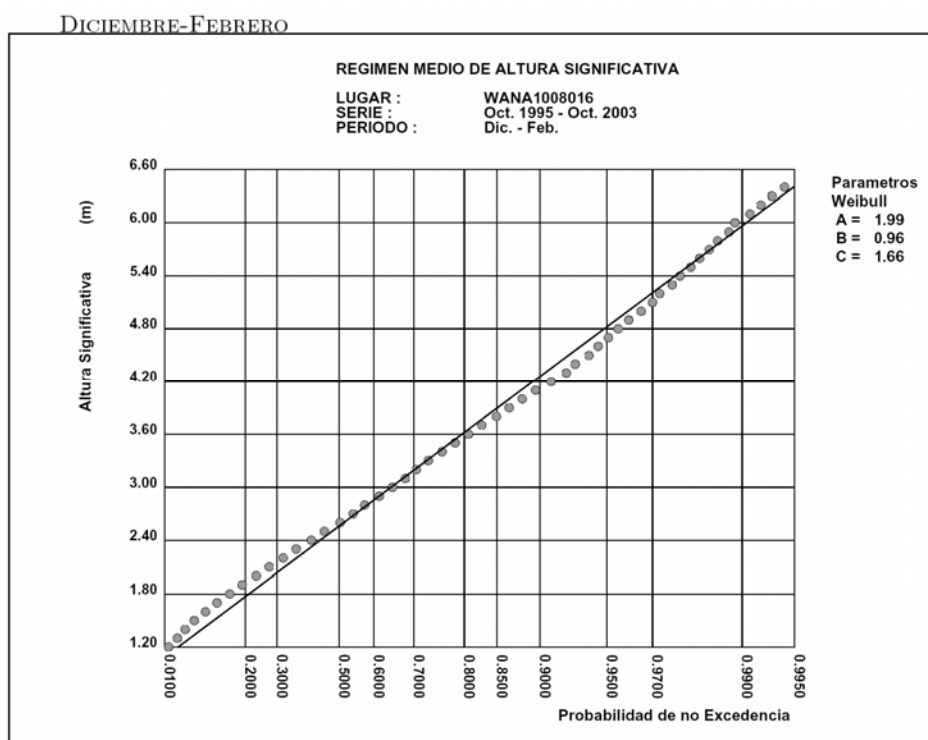


Figura 105 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

MARZO-MAYO

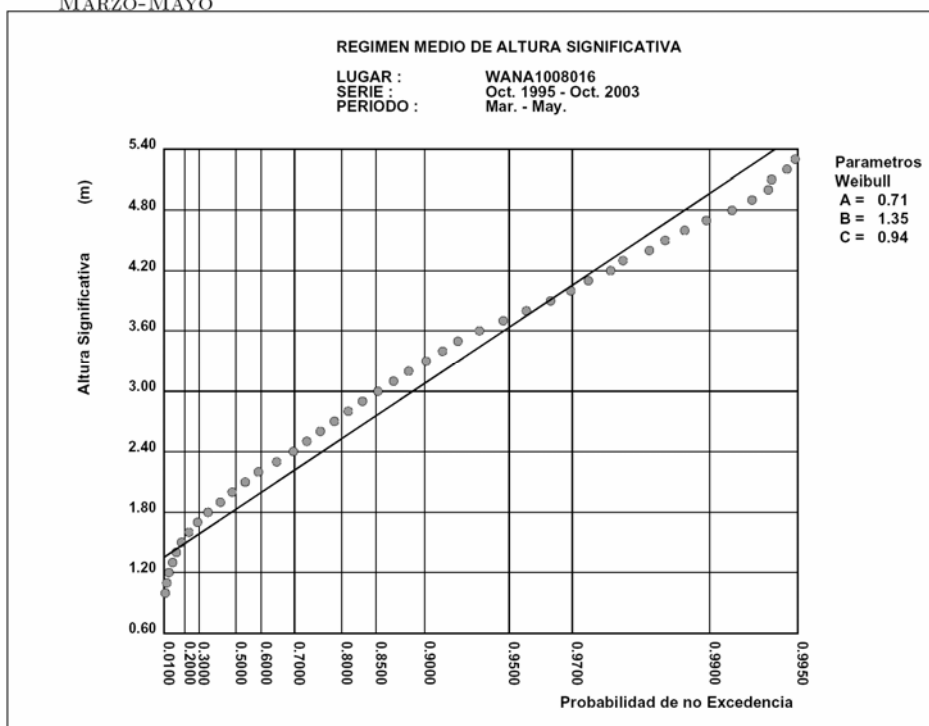


Figura 106 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

JUNIO-AGOSTO

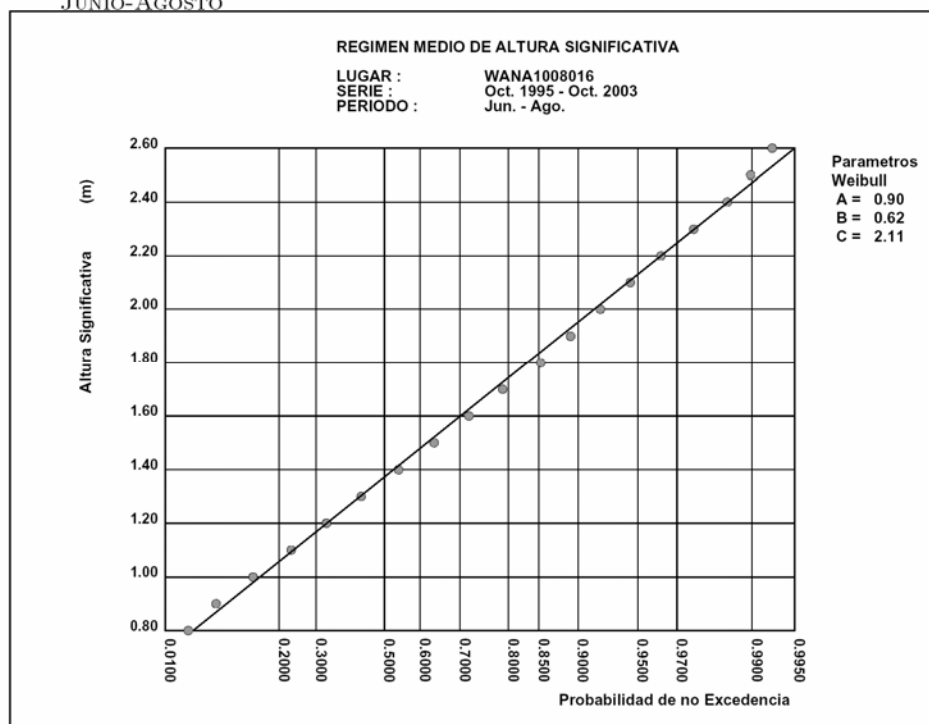


Figura 107 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (junio - agosto)

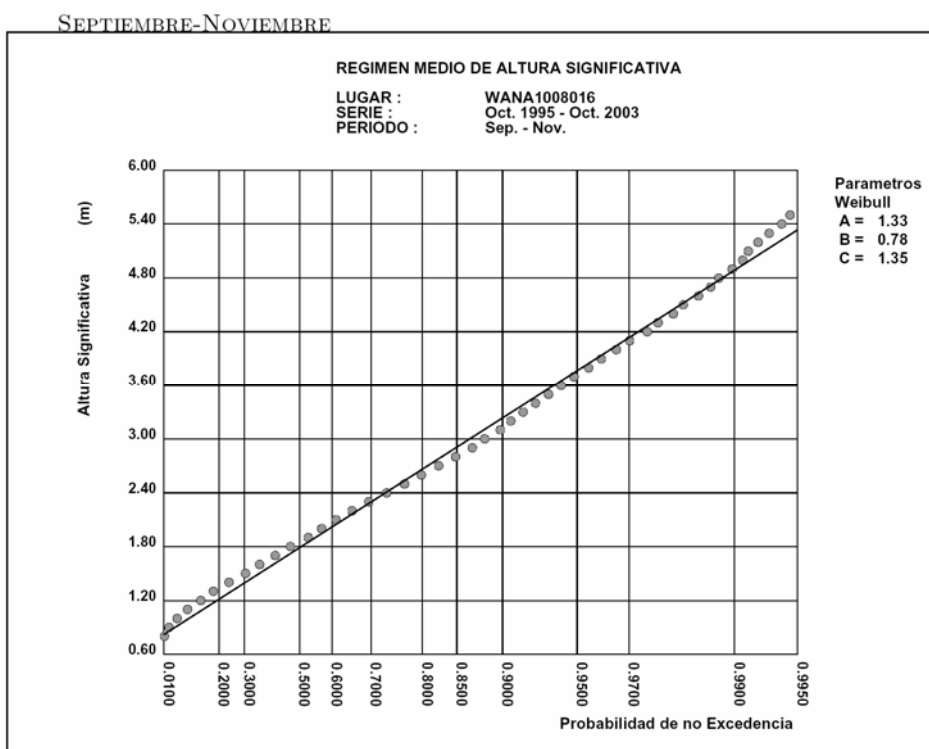


Figura 108 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.4.1.2. Regímenes direccionales

3.2.4.1.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 109 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

La Figura 110 muestra gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

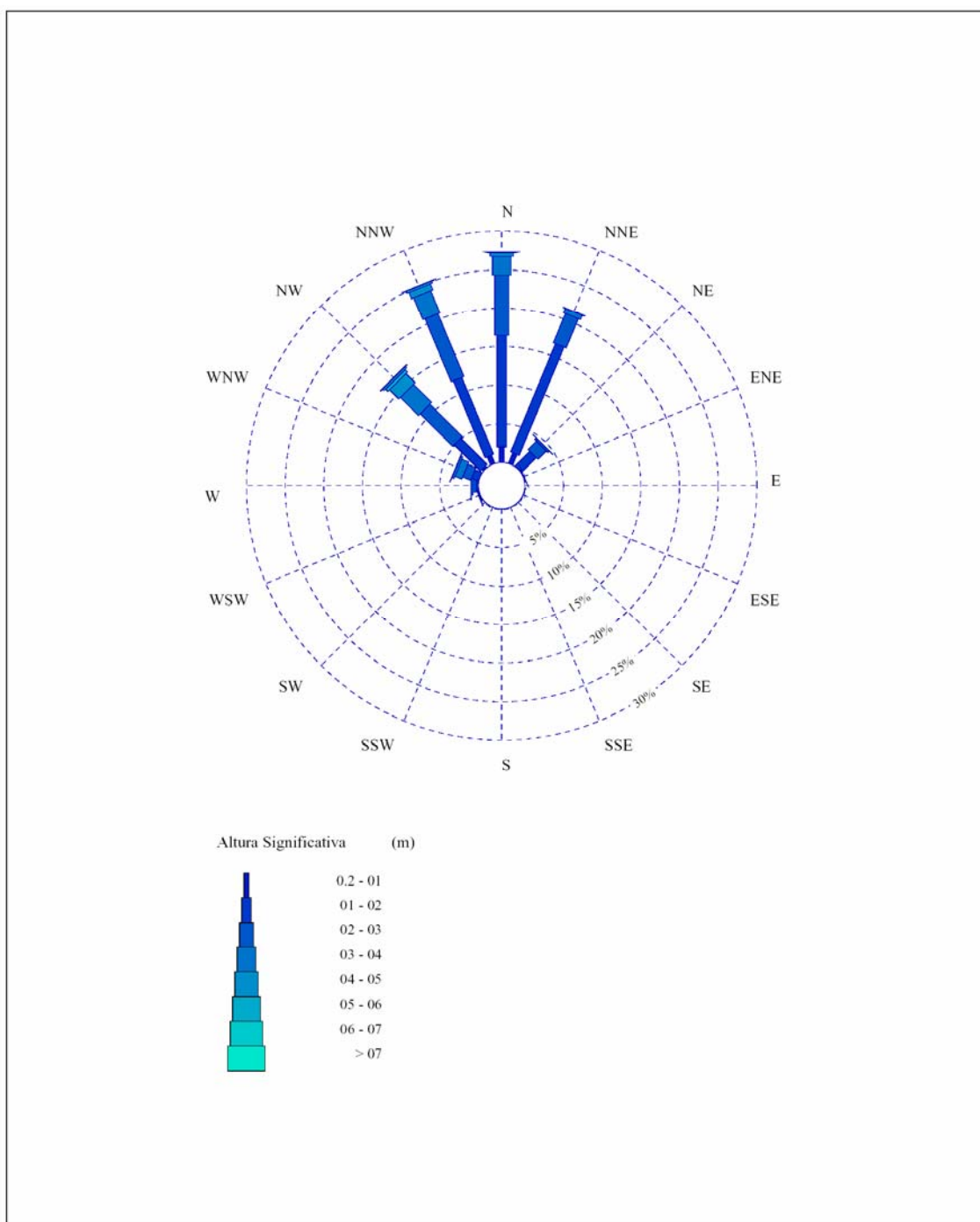
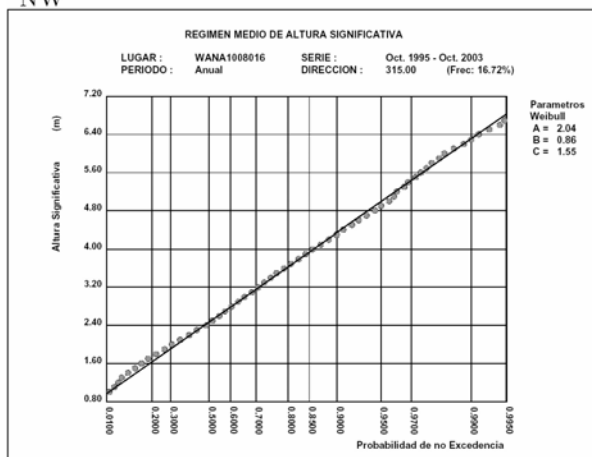
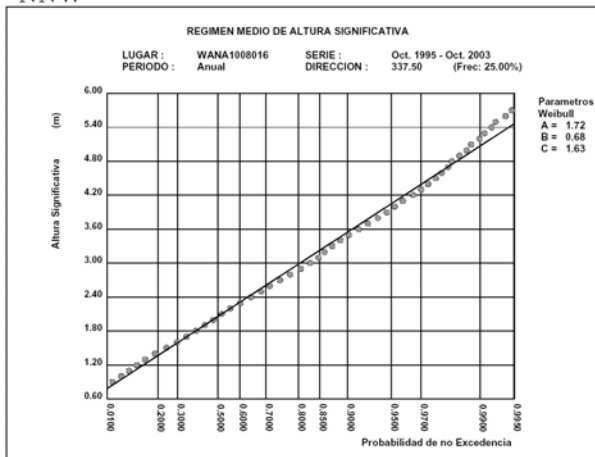


Figura 109 .- Rosa de oleaje anual en el punto WANA 1008016

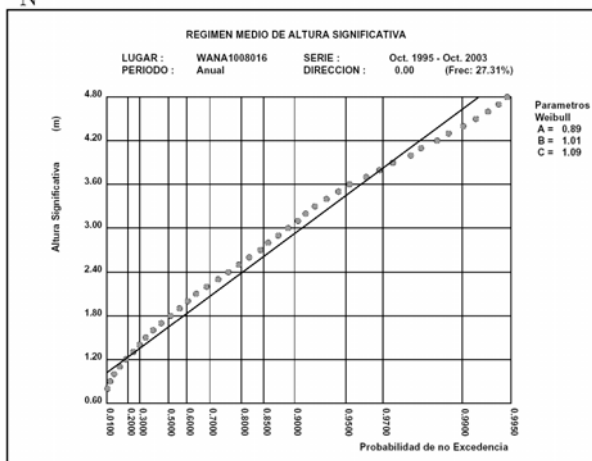
NW



NNW



N



NNE

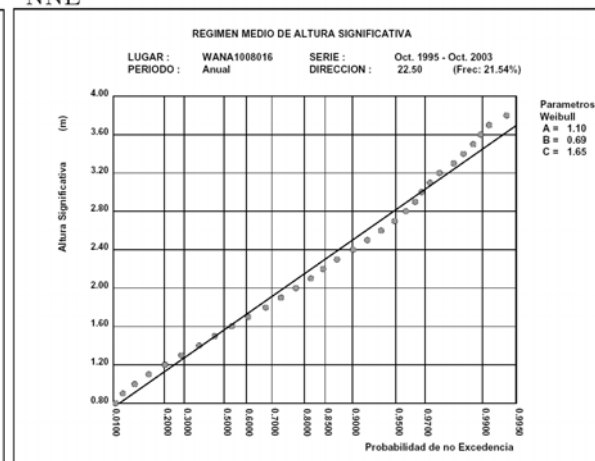


Figura 110 .- Regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa

3.2.4.1.2.2. Regímenes medios direccionales estacionales

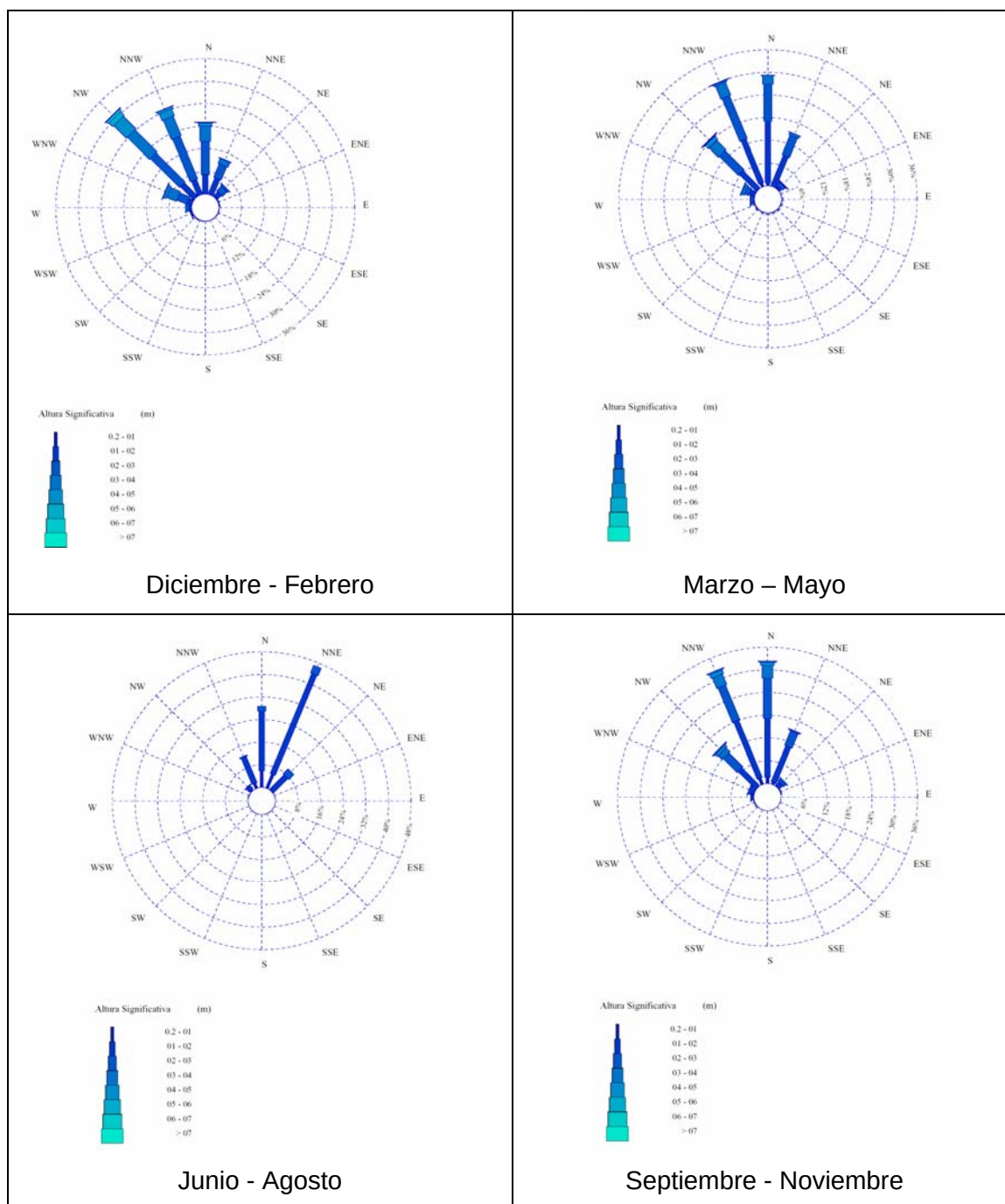
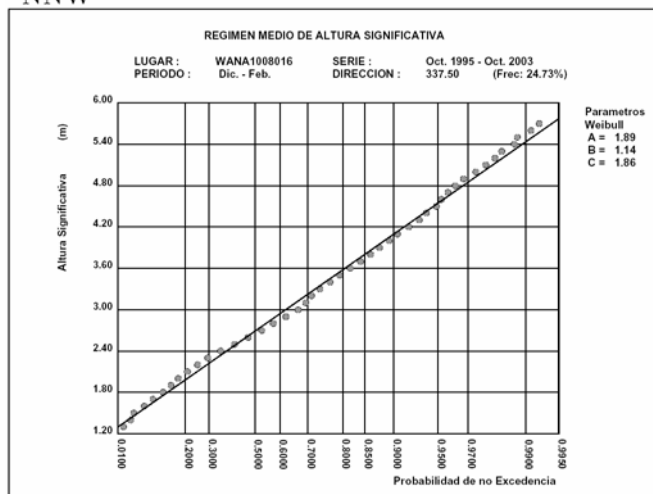


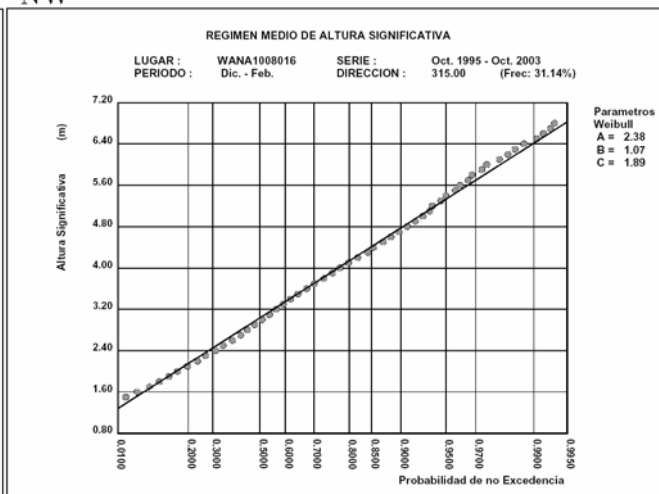
Figura 111 .- Rosas estacionales en el punto WANA 1008016

En la Figura 112 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.

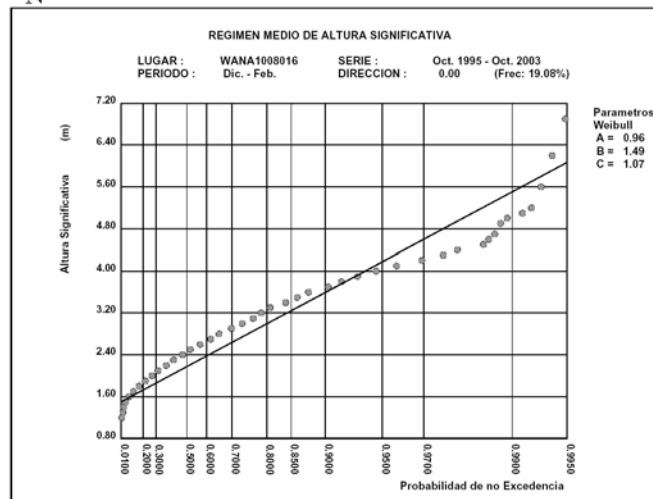
NNW



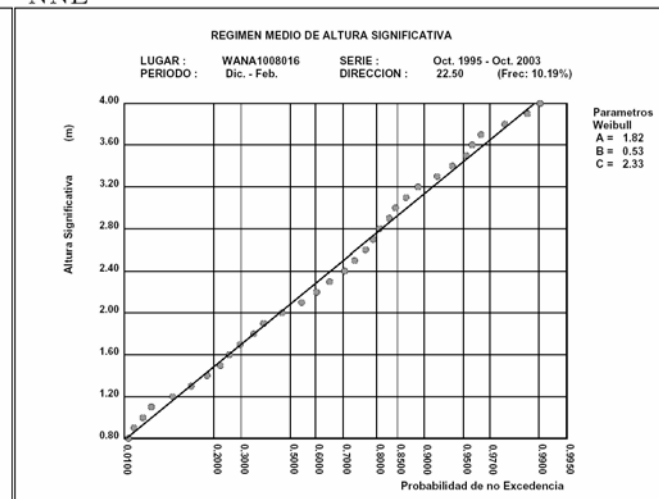
NW



N

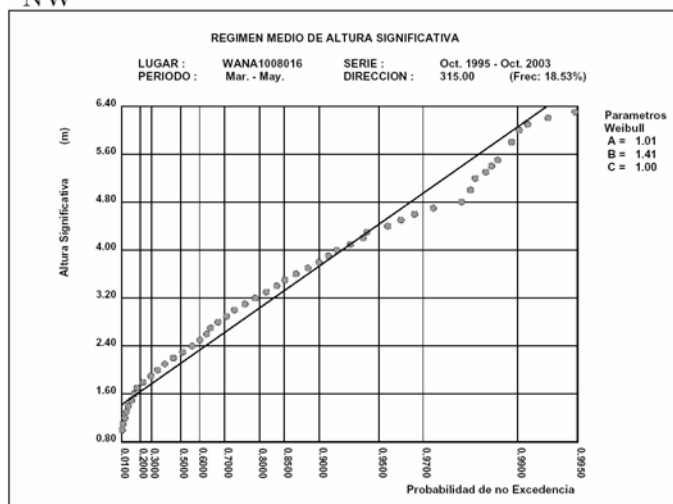


NNE

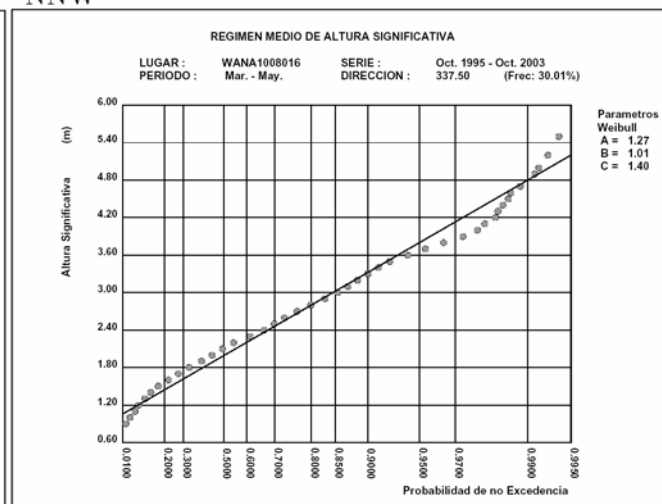


Diciembre – Febrero

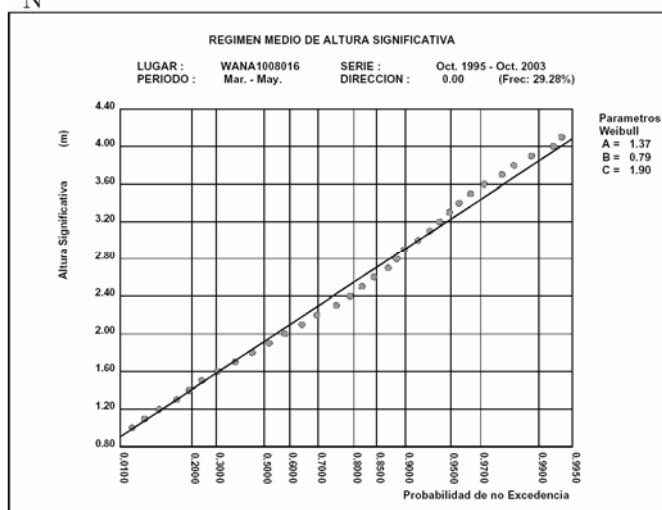
NW



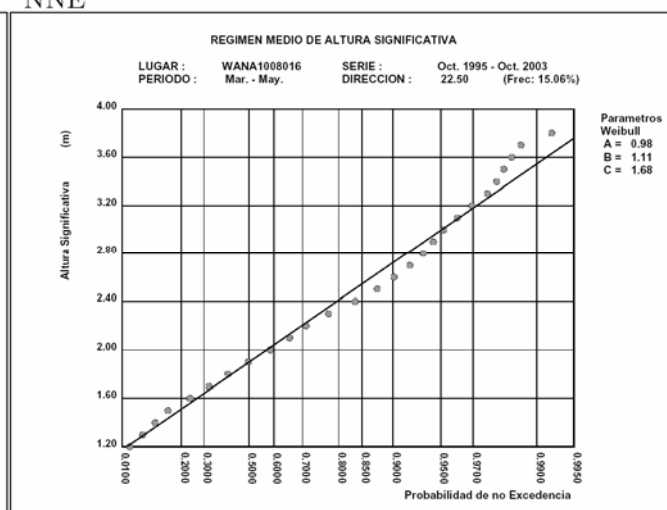
NNW



N

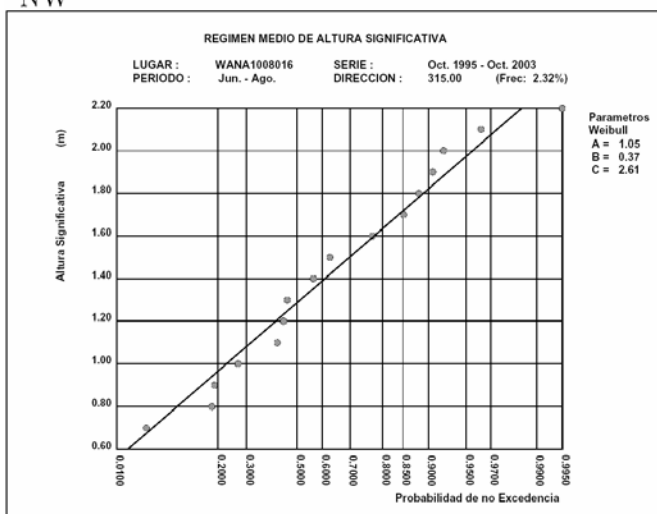


NNE

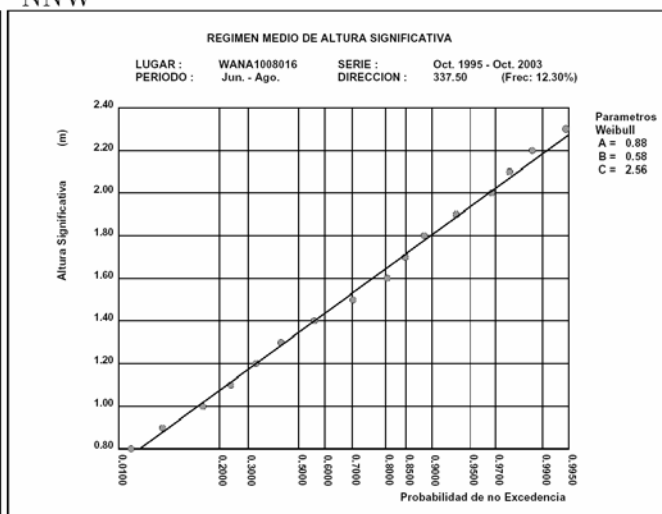


Marzo – Mayo

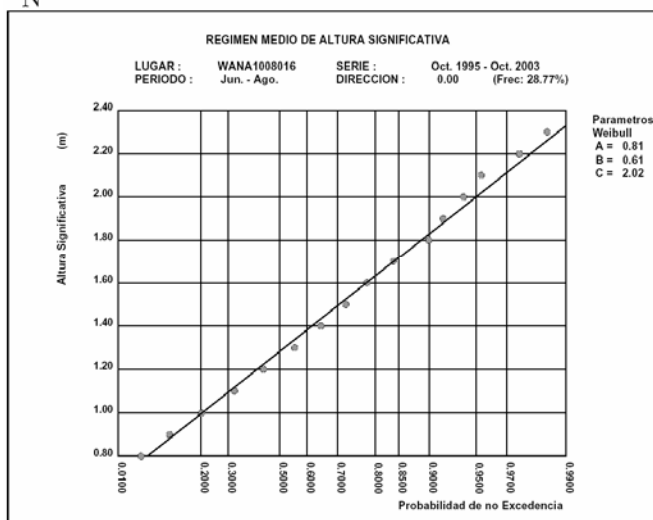
NW



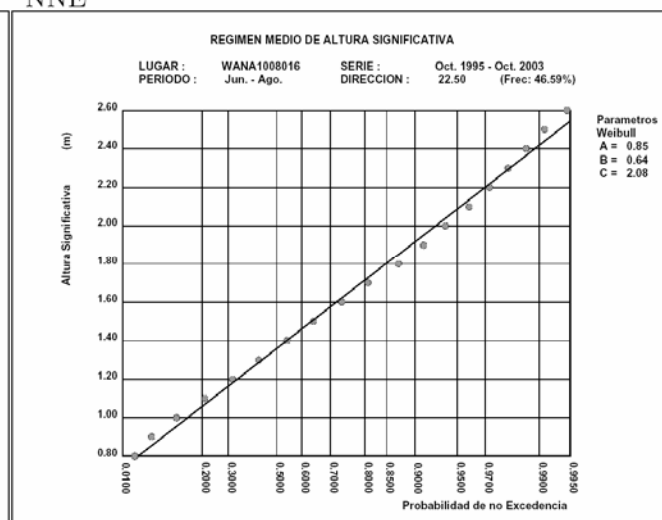
NNW



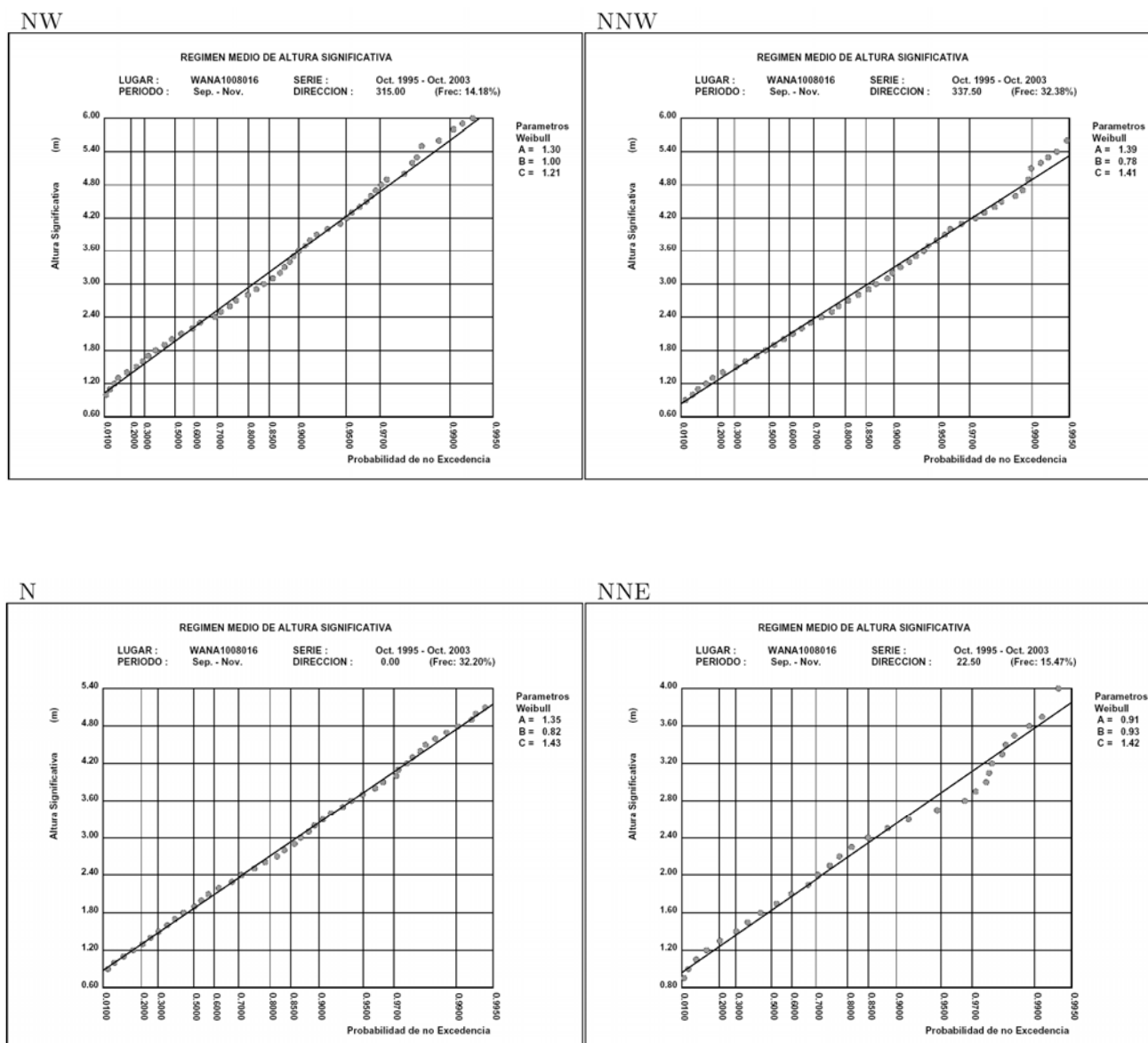
N



NNE



Junio – Agosto



Septiembre – Noviembre

Figura 112.- Regímenes medios direccionales estacionales de los sectores representativos

3.2.4.2. Punto Wana 1008014

3.2.4.2.1. Regímenes escalares

3.2.4.2.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 113 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

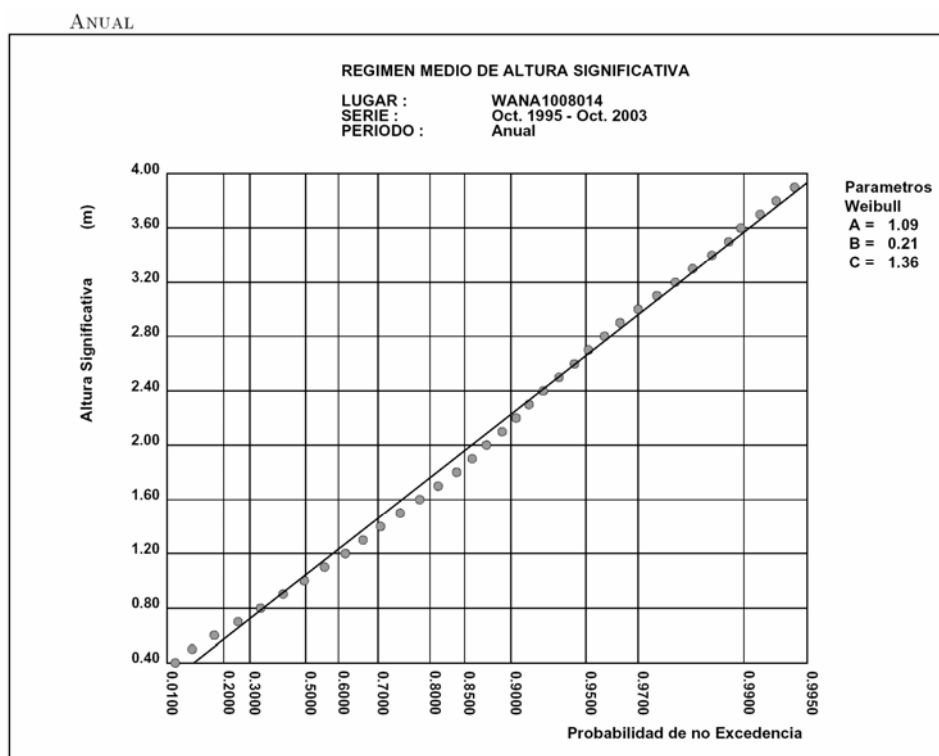


Figura 113 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.21}{1.09}\right)^{1.36}\right) \quad [3-3]$$

3.2.4.2.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

DICIEMBRE-FEBRERO

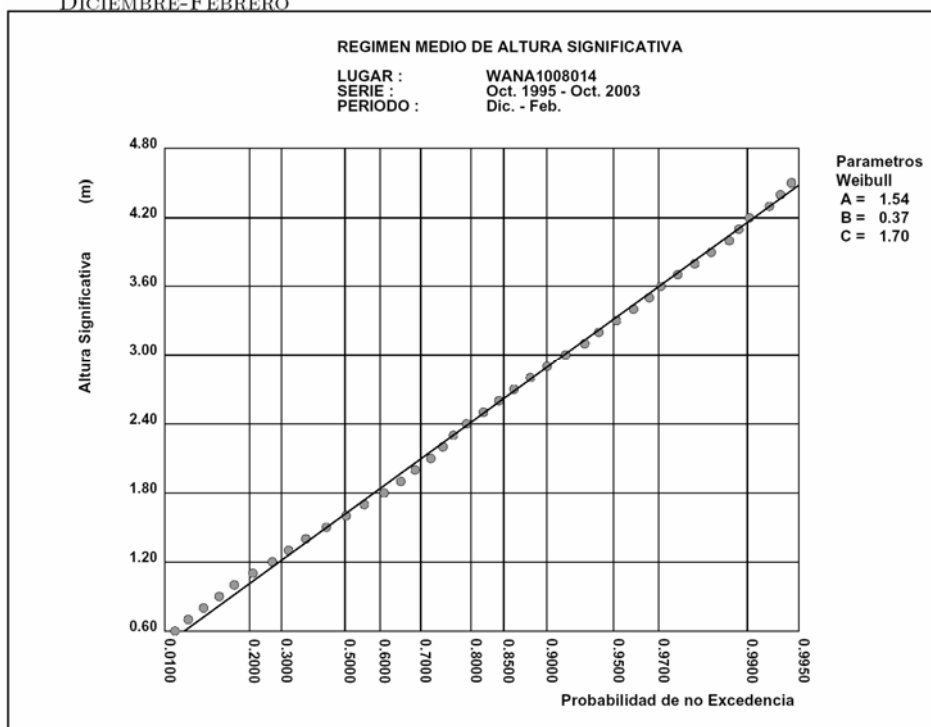


Figura 114 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

MARZO-MAYO

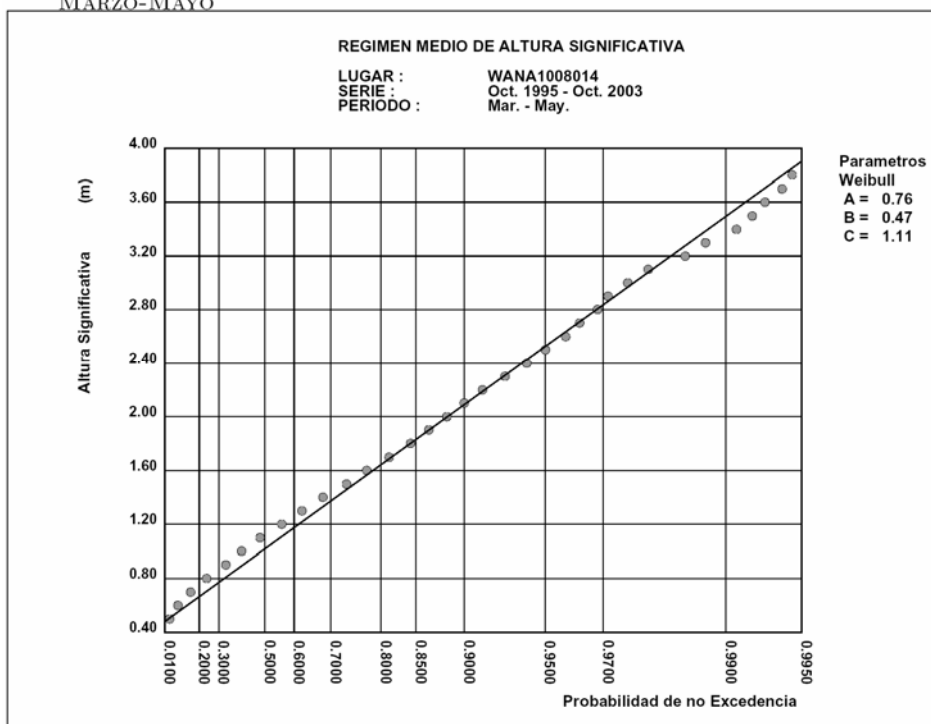


Figura 115 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

JUNIO-AGOSTO

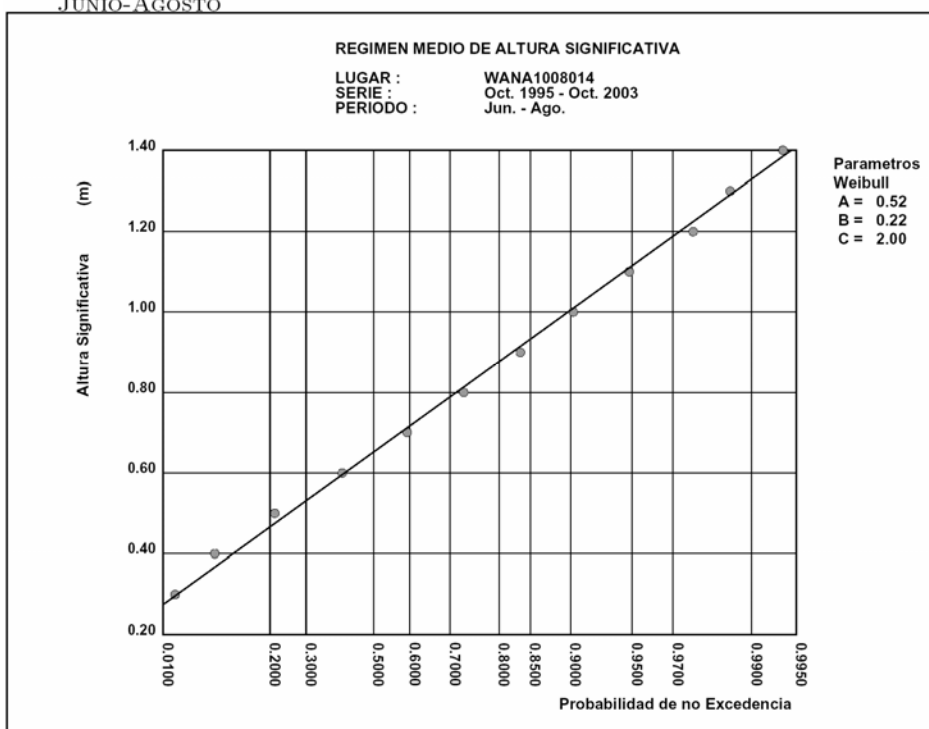


Figura 116 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (junio - agosto)

SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE

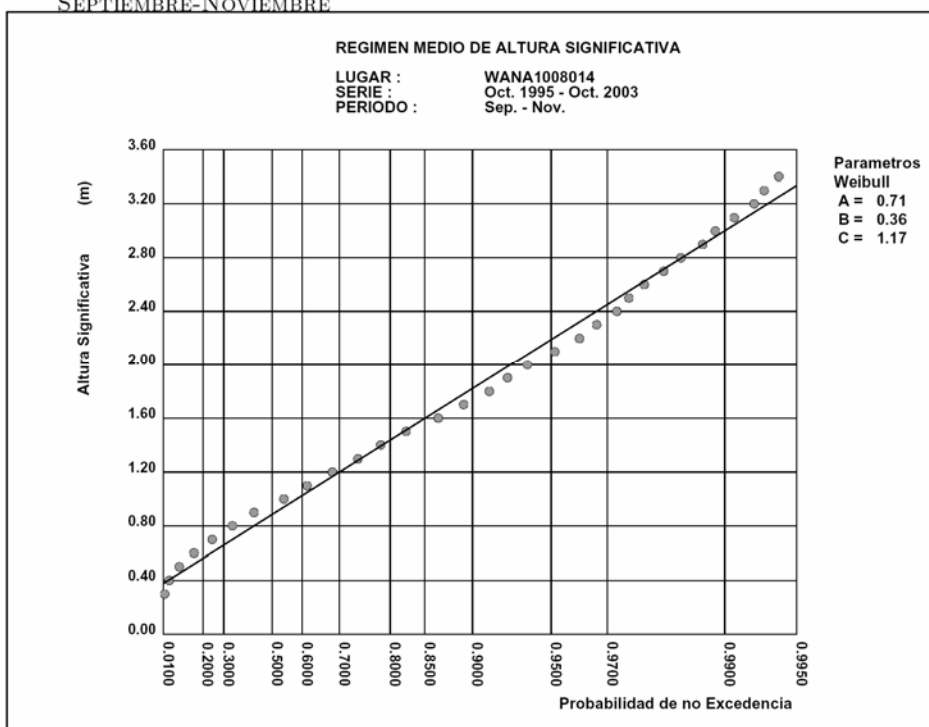


Figura 117 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.4.2.2. Regímenes direccionales

3.2.4.2.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 118 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

La Figura 119 muestra gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

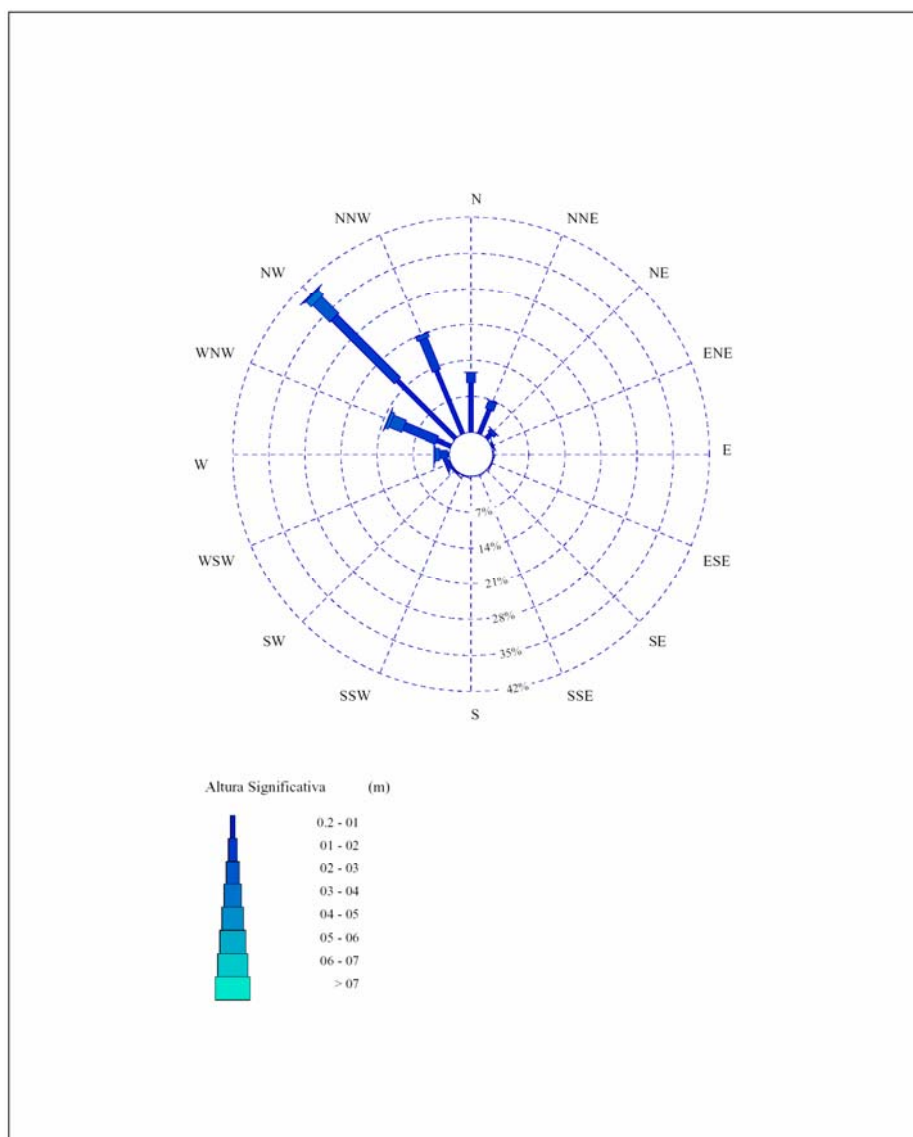


Figura 118 .- Rosa de oleaje anual en el punto WANA 1008014

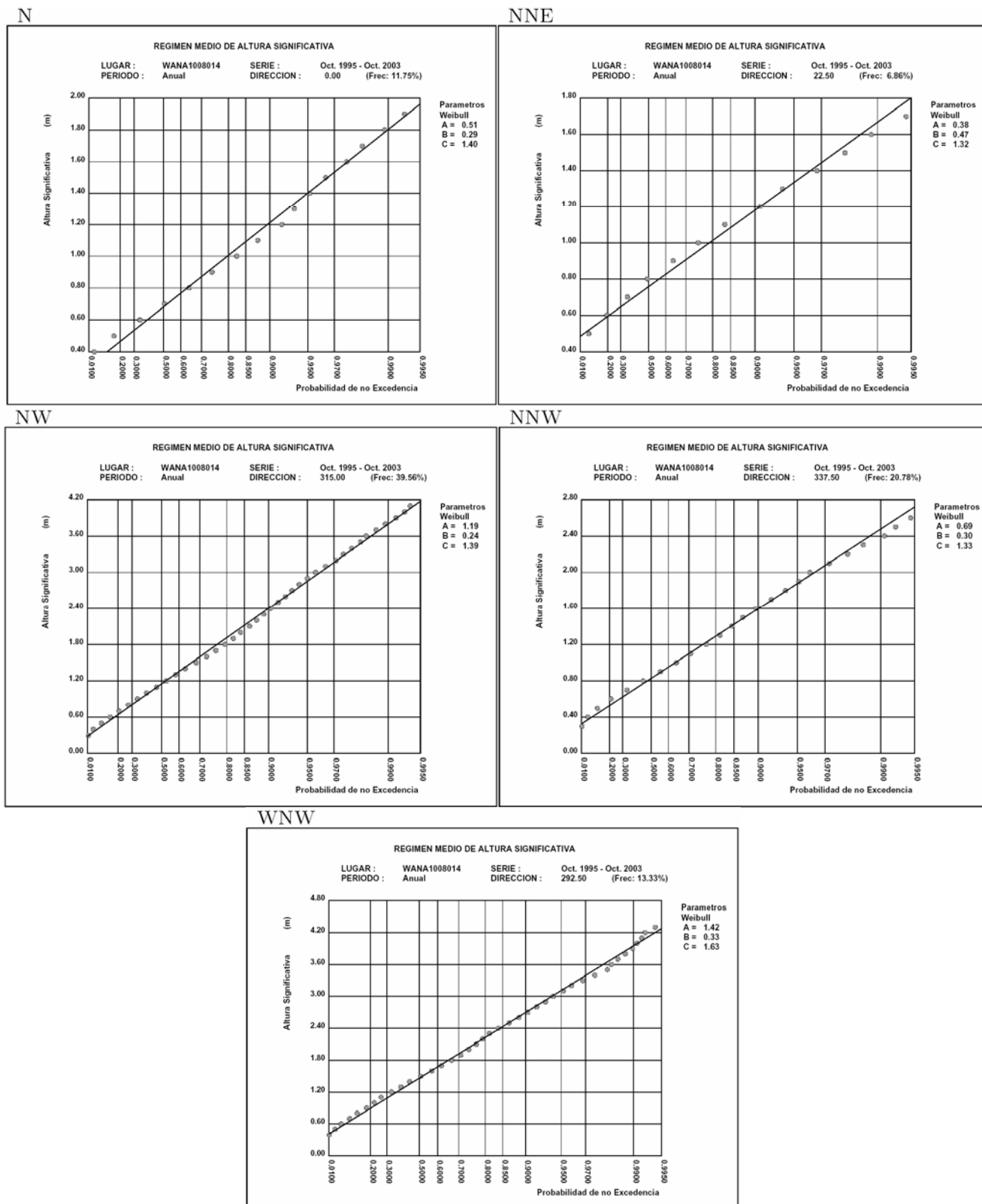


Figura 119 .- Regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa

3.2.4.2.3. Regímenes medios direccionales estacionales

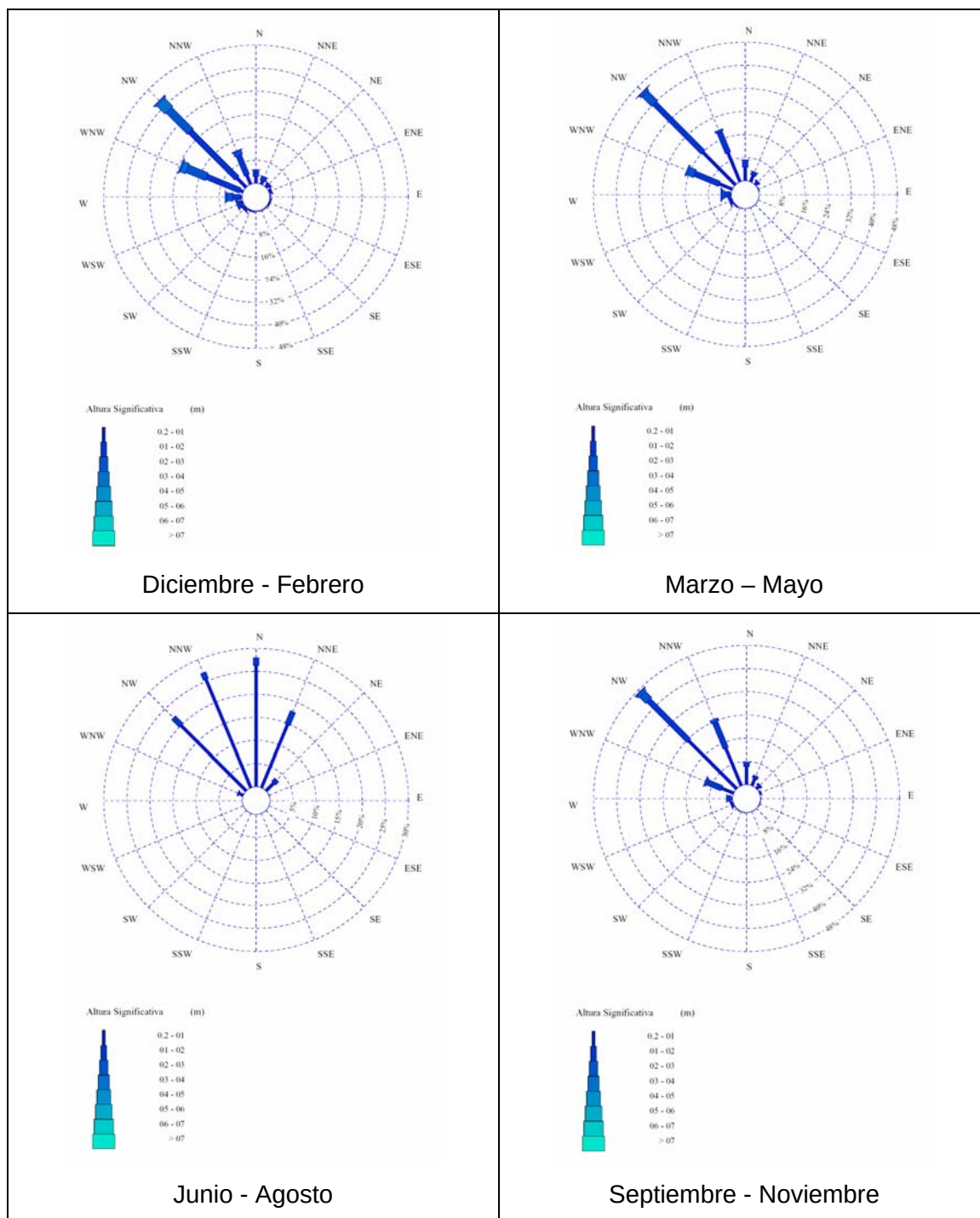
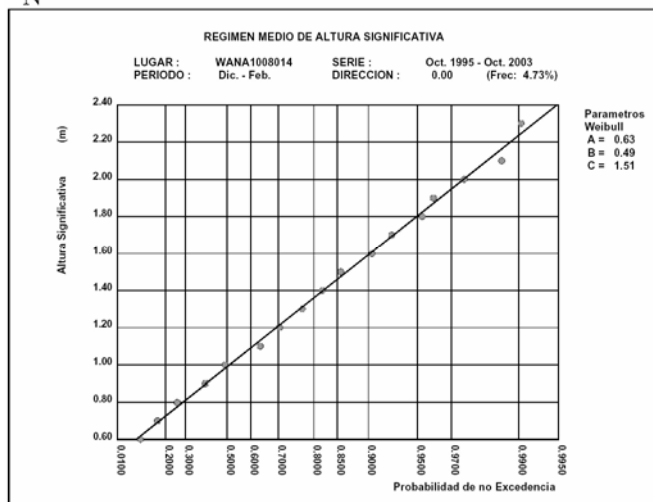


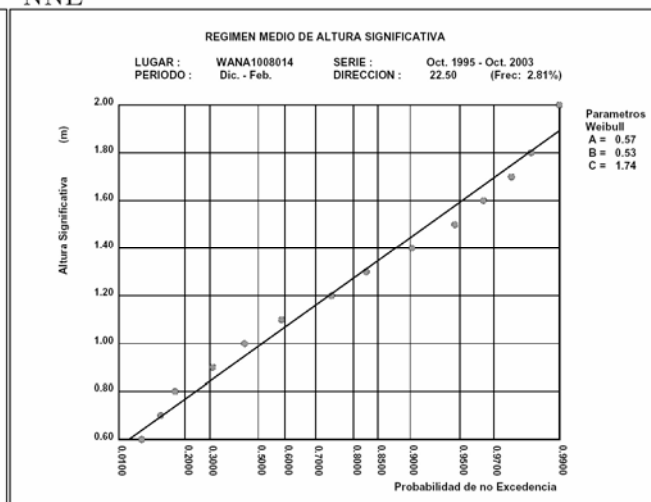
Figura 120 .- Rosas estacionales en el punto WANA 1008014

En la Figura 121 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.

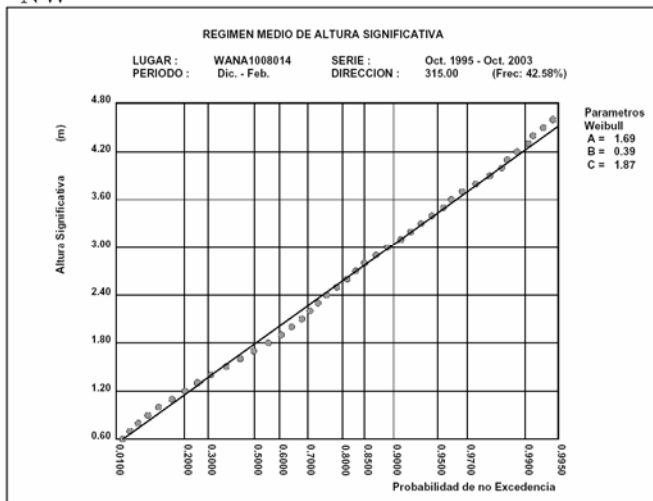
N



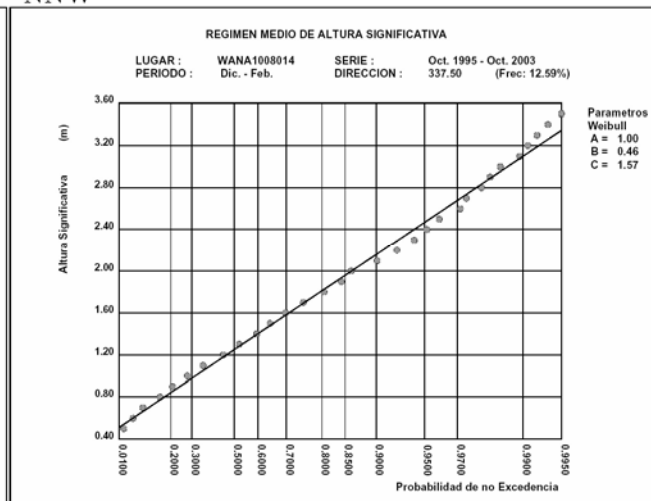
NNE



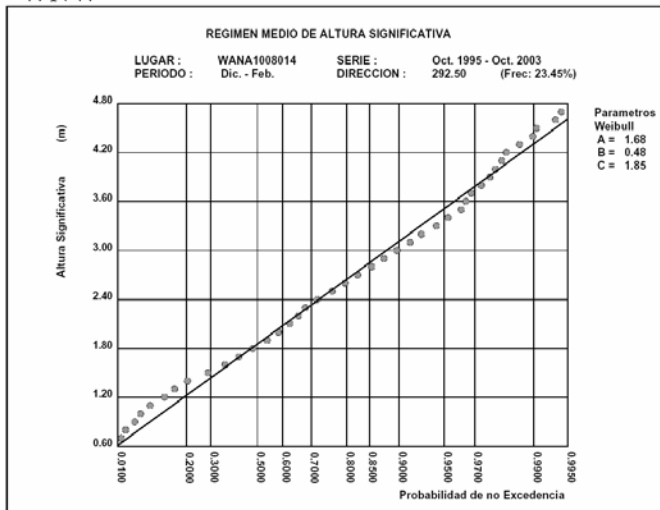
NW



NNW



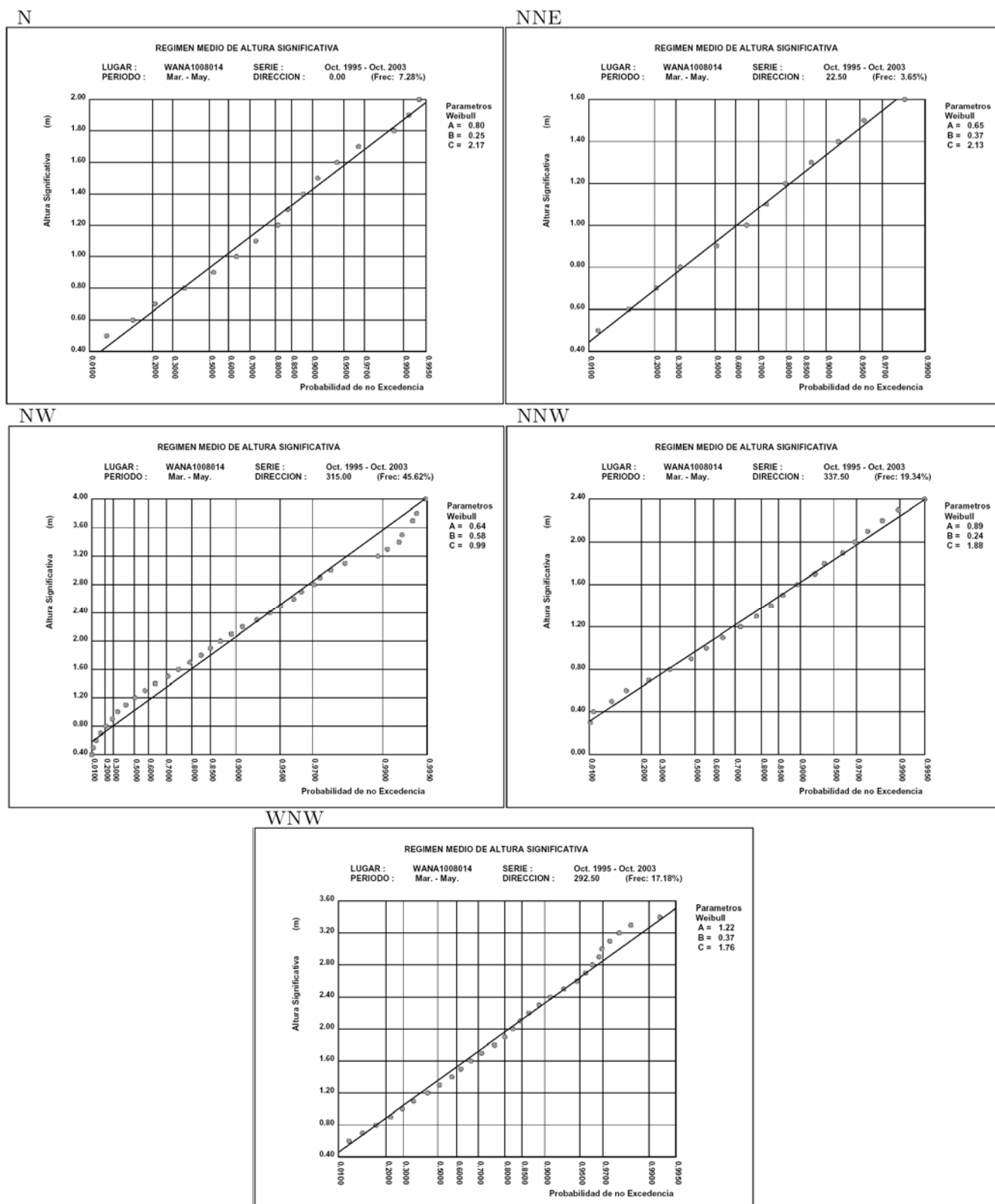
WNW



Diciembre - Febrero

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

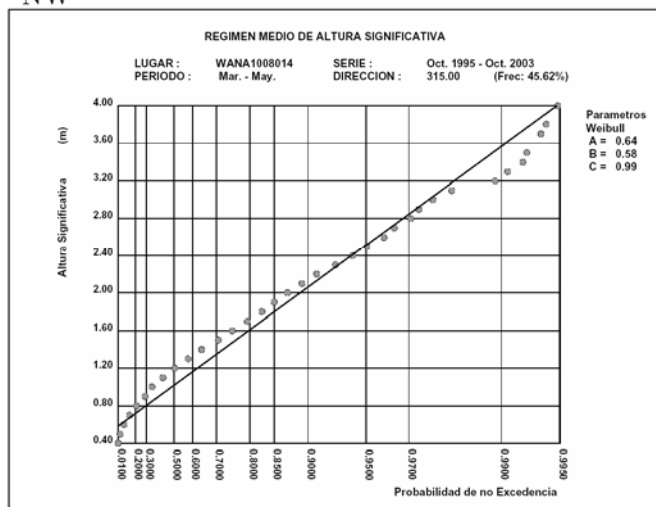


Marzo - Mayo

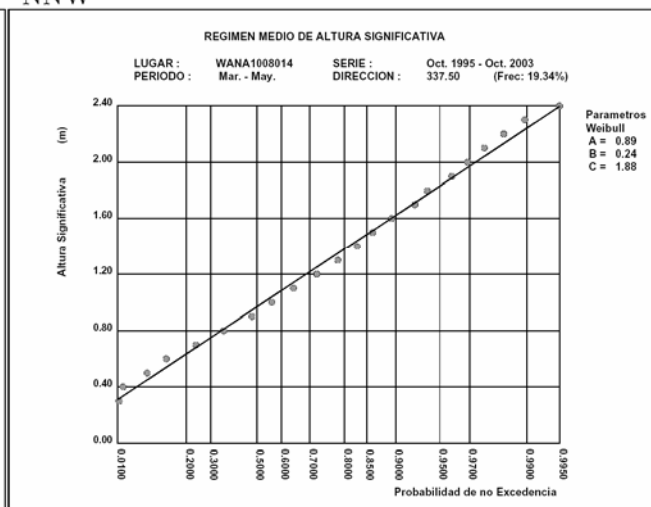
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

NW

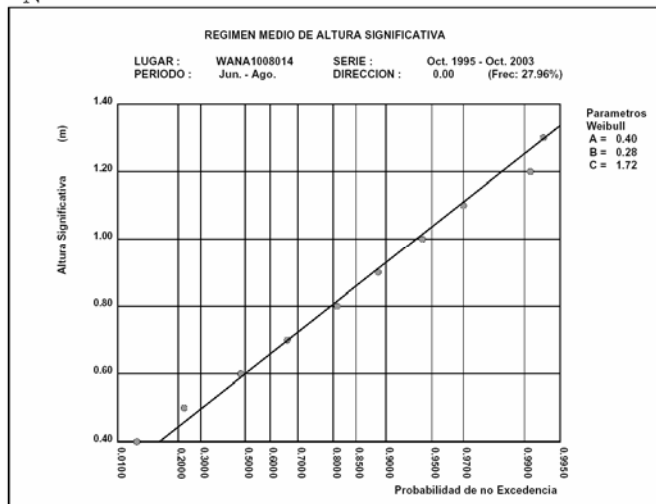


NNW

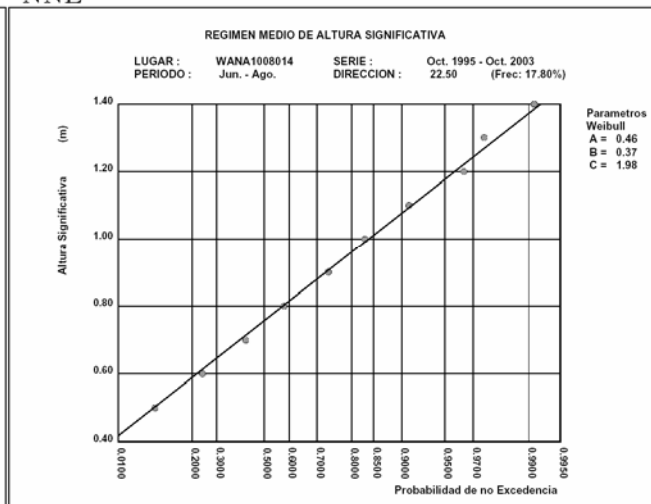


Junio – Agosto

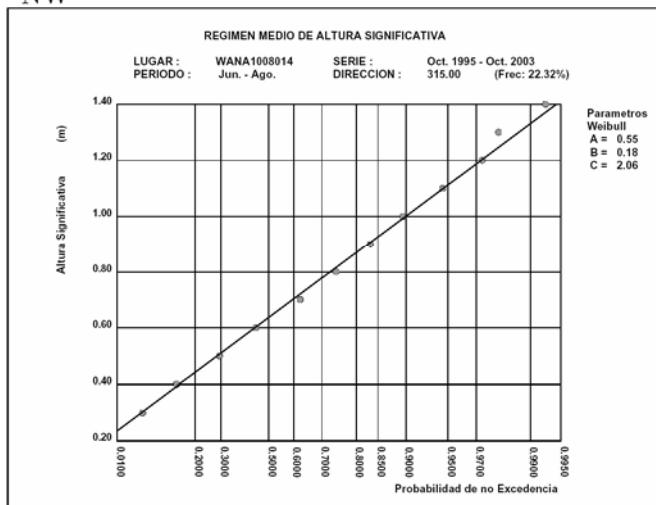
N



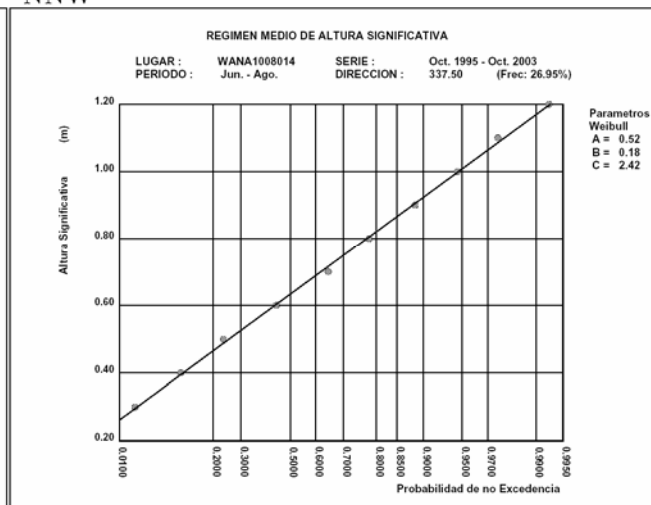
NNE



NW

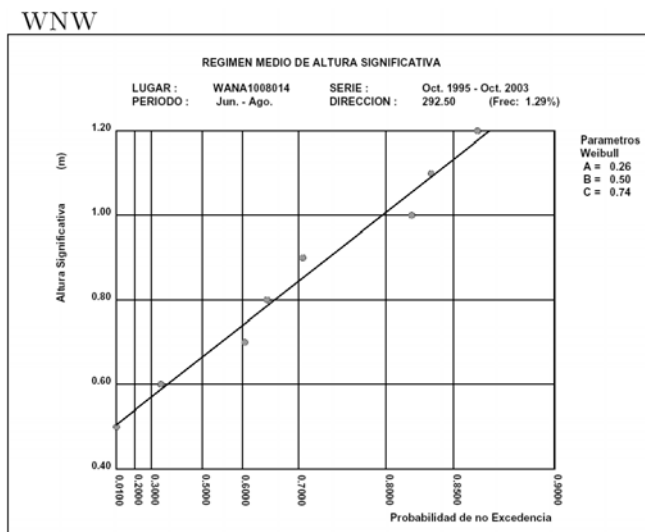


NNW



ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



Septiembre – Noviembre

Figura 121 .- Regímenes medios direccionales estacionales de los sectores representativos

3.2.4.3. Punto Wana 1009013

3.2.4.3.1. Regímenes escalares

3.2.4.3.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 122 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

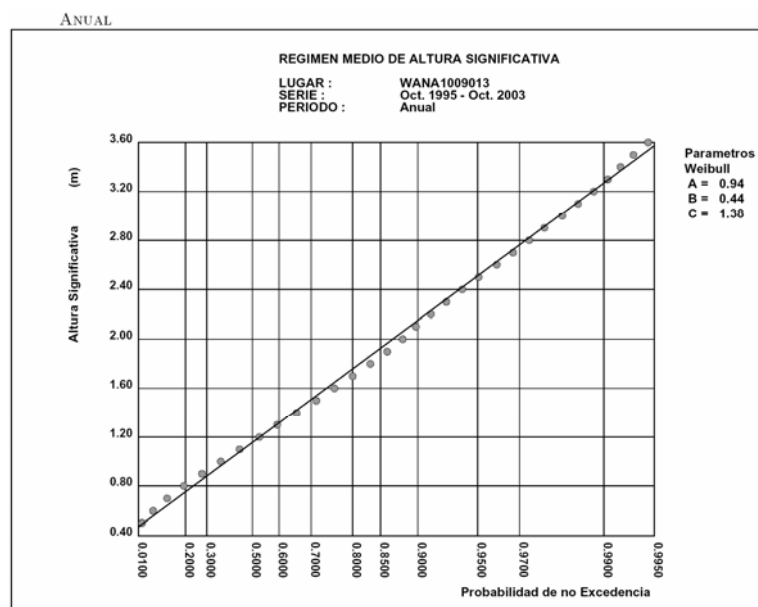


Figura 122 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.44}{0.94}\right)^{1.38}\right) \quad [3-4]$$

3.2.4.3.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

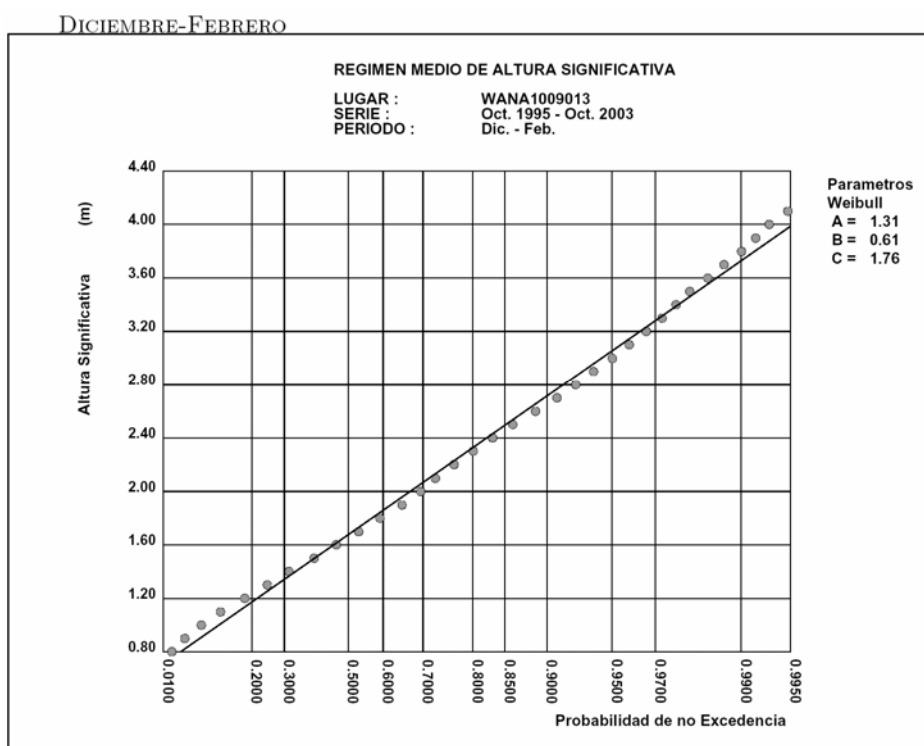


Figura 123 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

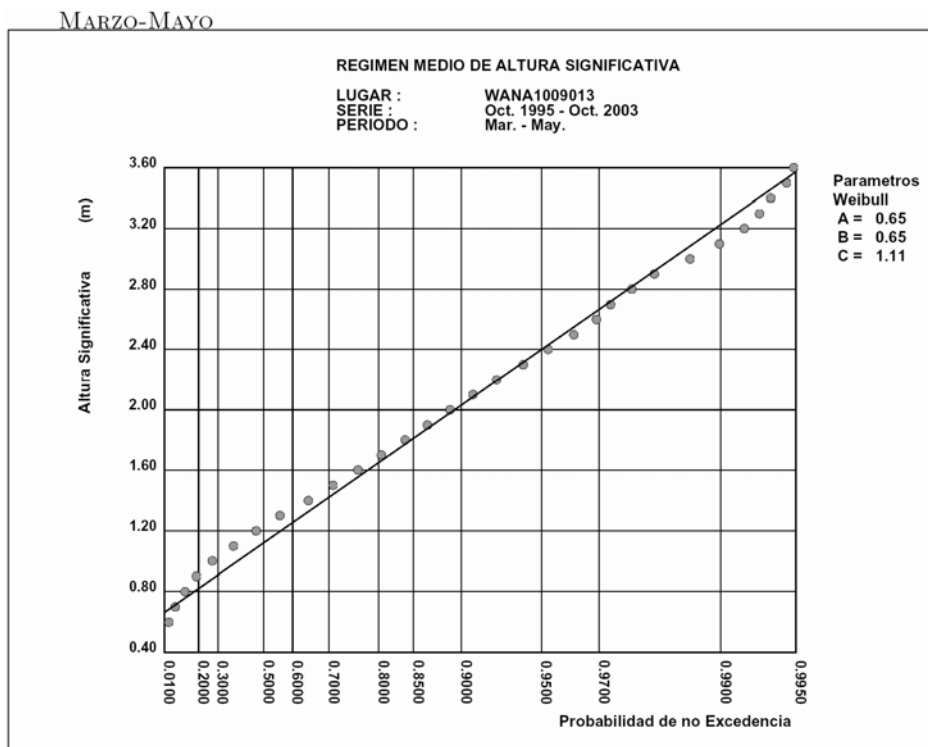


Figura 124 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

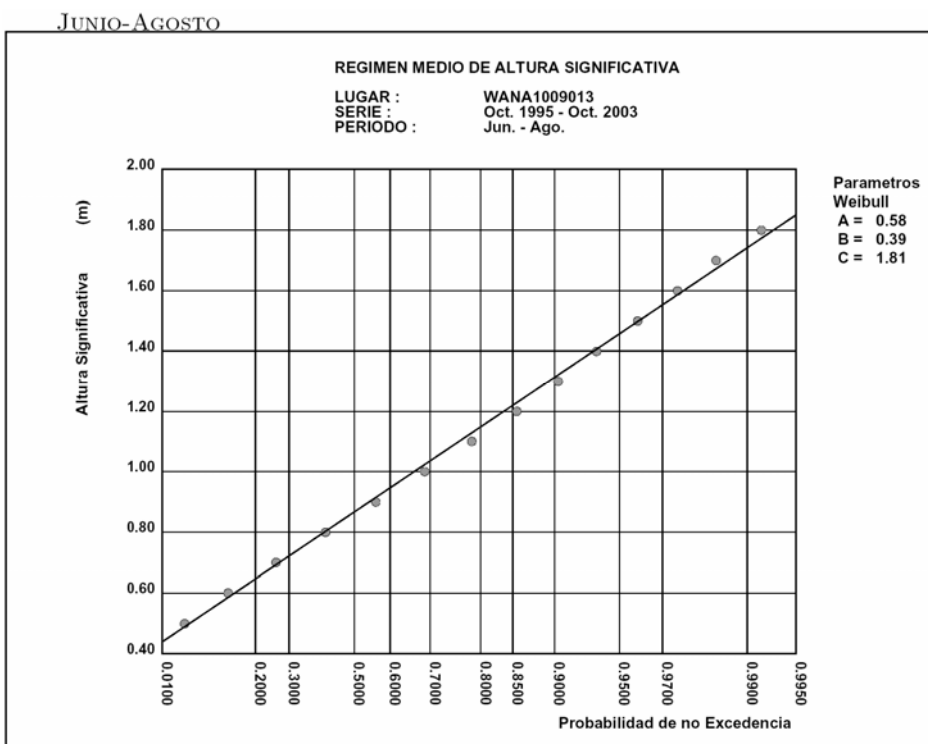


Figura 125 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (junio - agosto)

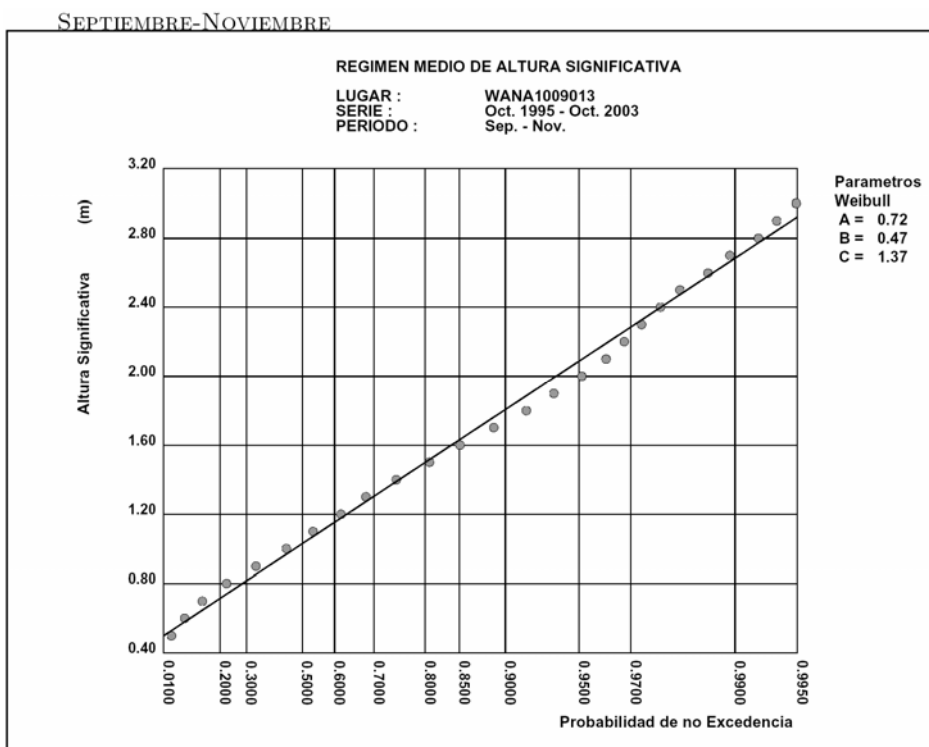


Figura 126 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.4.3.2. Regímenes direccionales

3.2.4.3.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 127 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

La Figura 128 muestra gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

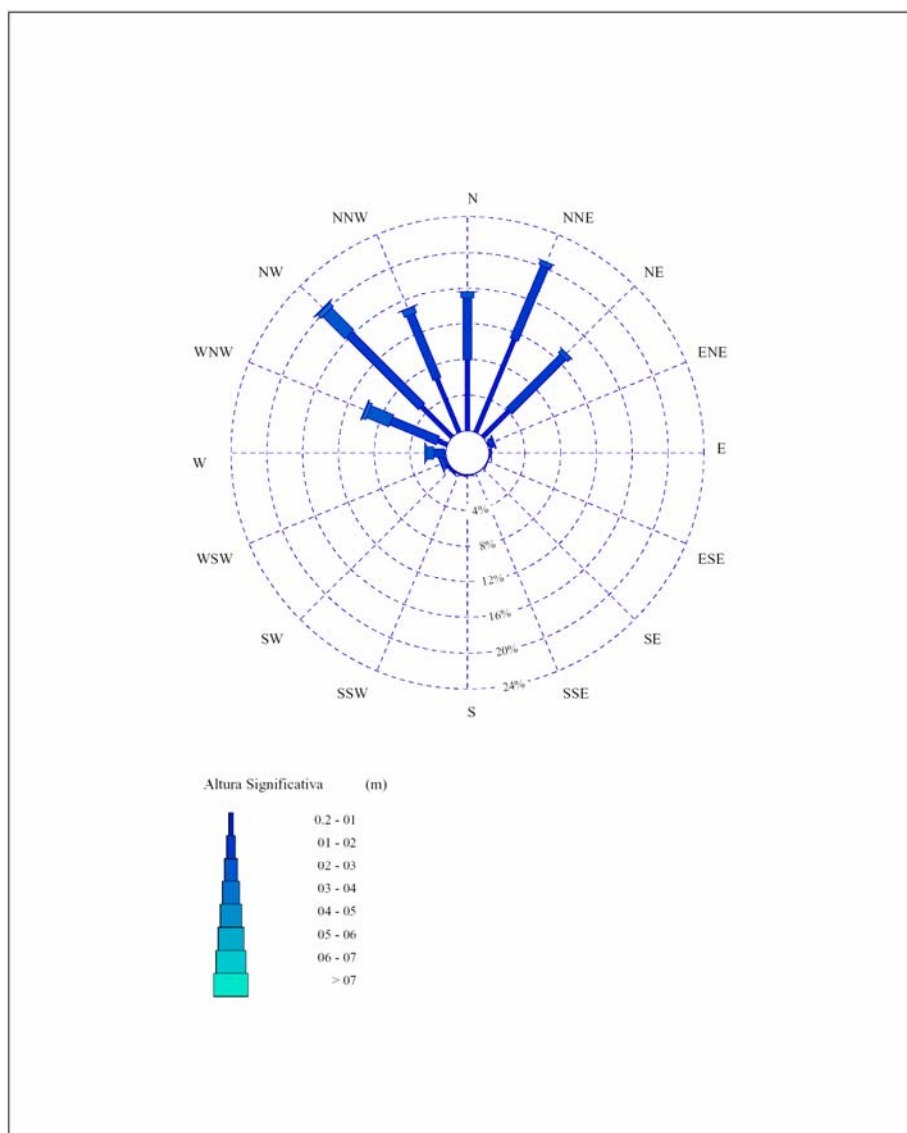


Figura 127 .- Rosa de oleaje anual en el punto WANA 1009013

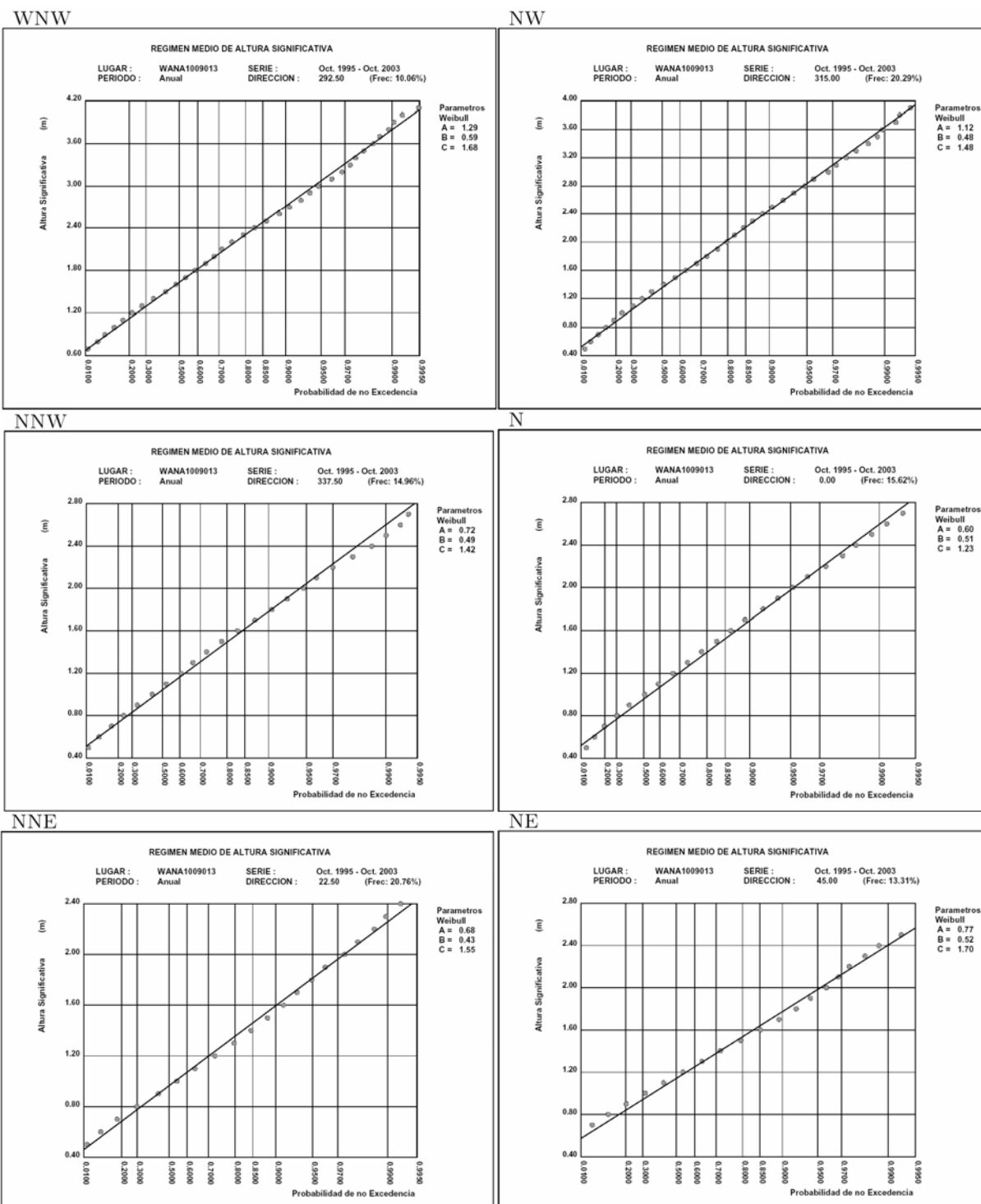


Figura 128 .- Regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa

3.2.4.3.3. Regímenes medios direccionales estacionales

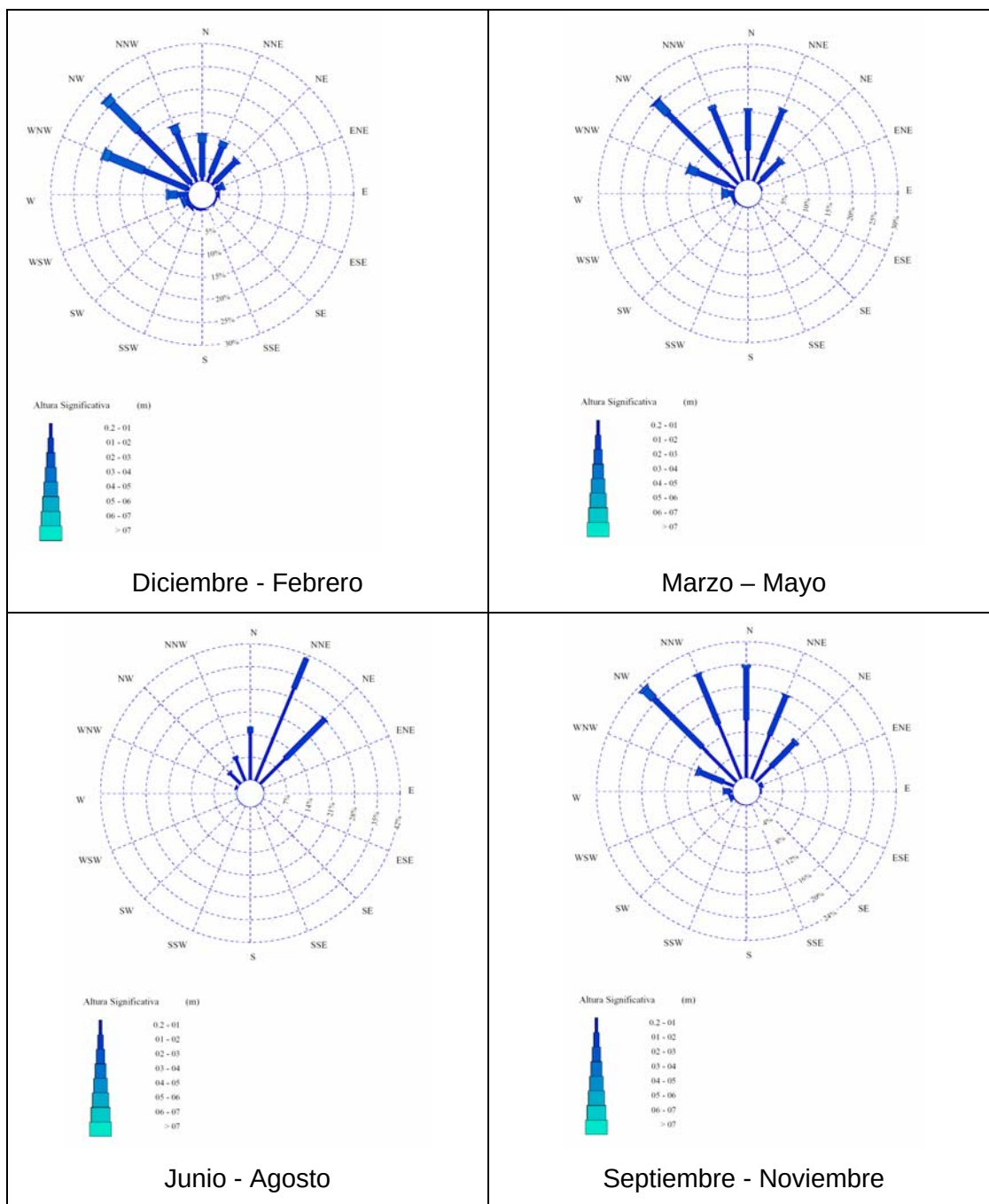
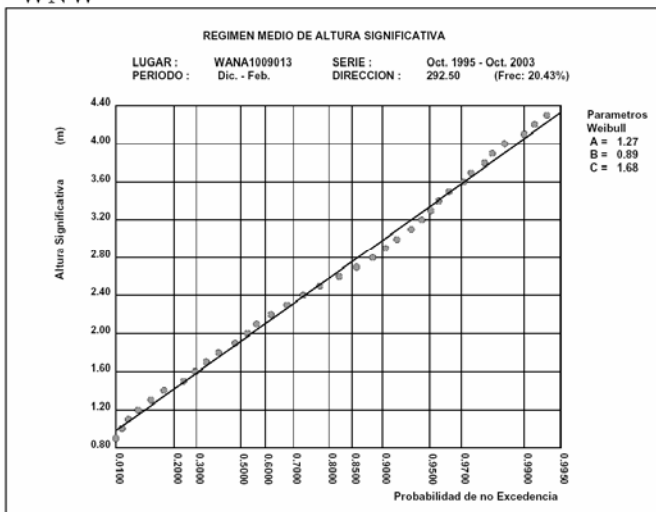


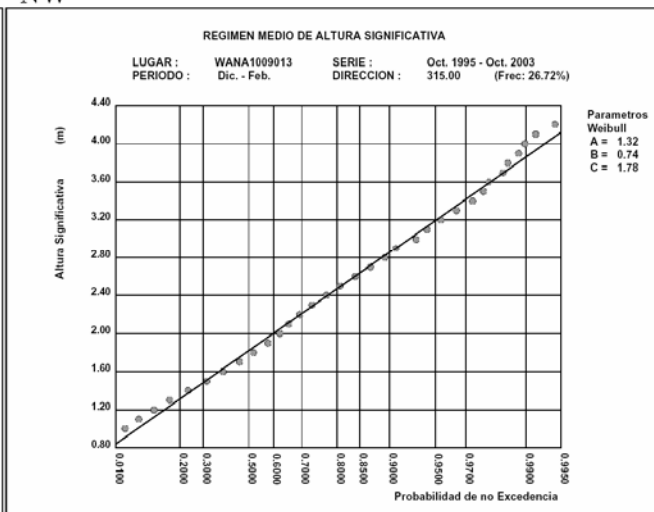
Figura 129 .- Rosas estacionales en el punto WANA 2019013

En la Figura 130 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.

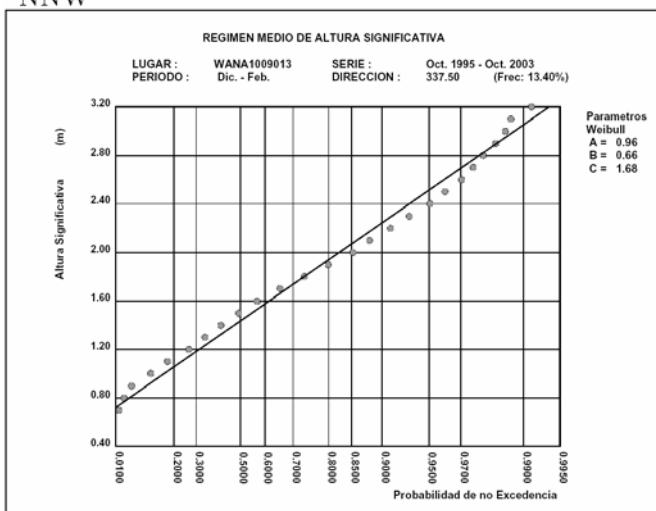
WNW



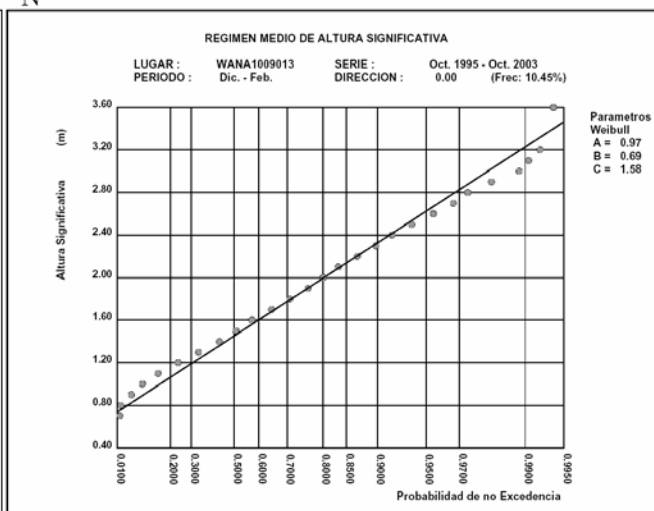
NW



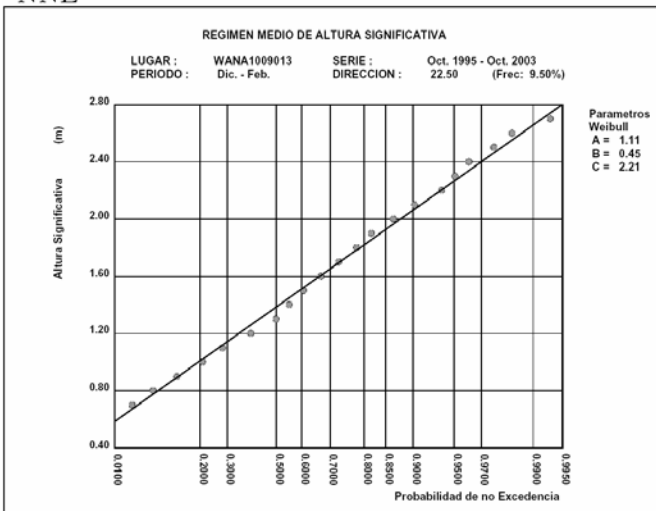
NNW



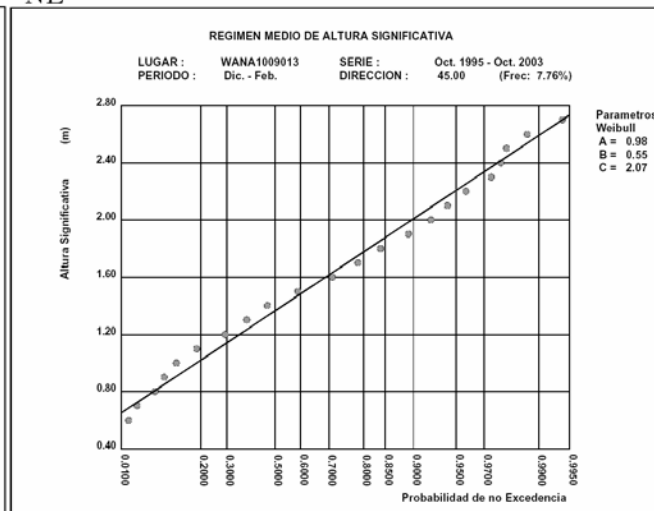
N



NNE



NE



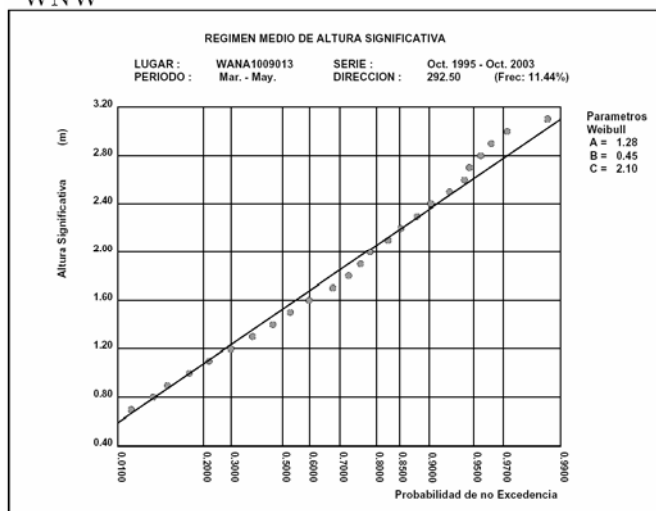
Diciembre - Febrero

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

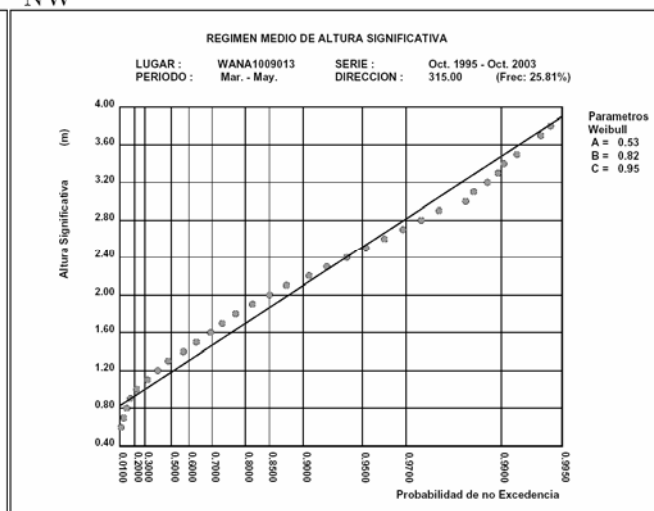
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

Página 164

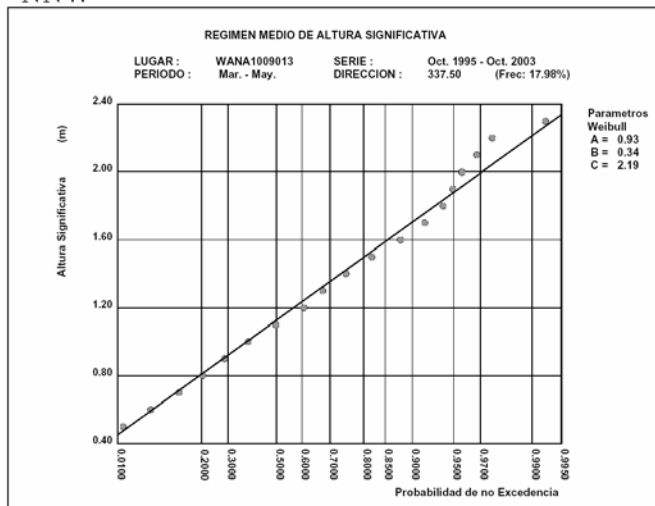
WNW



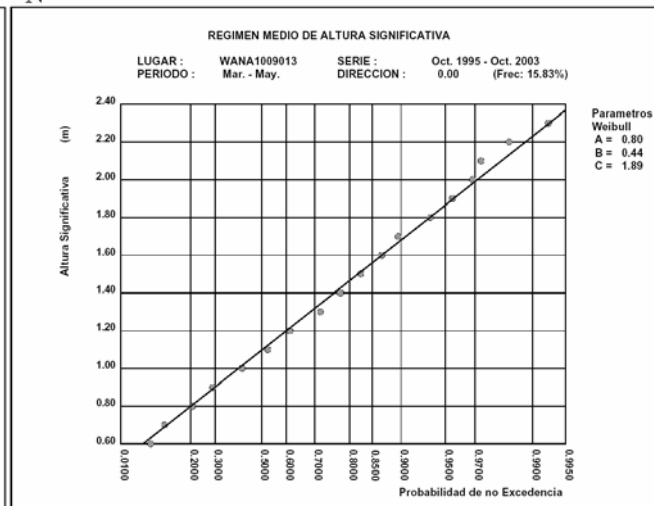
NW



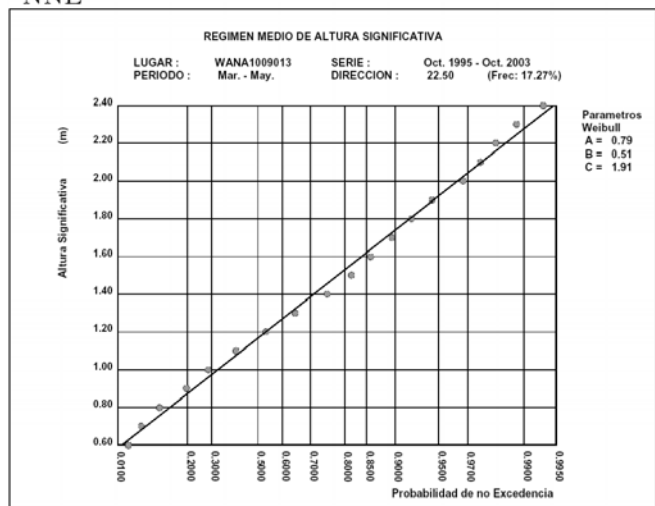
NNW



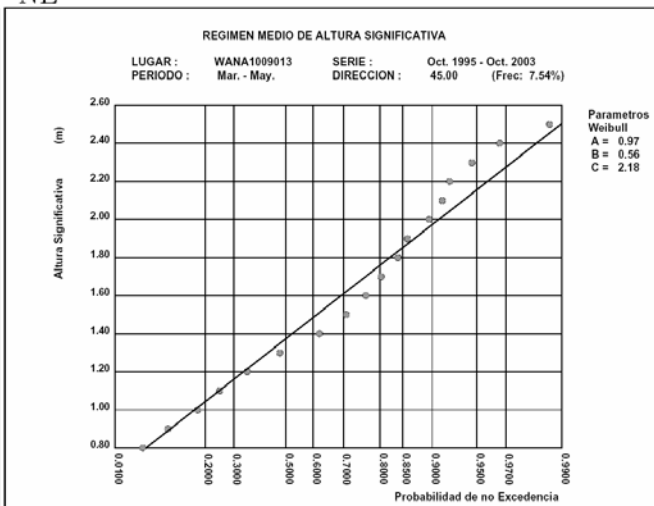
N



NNE



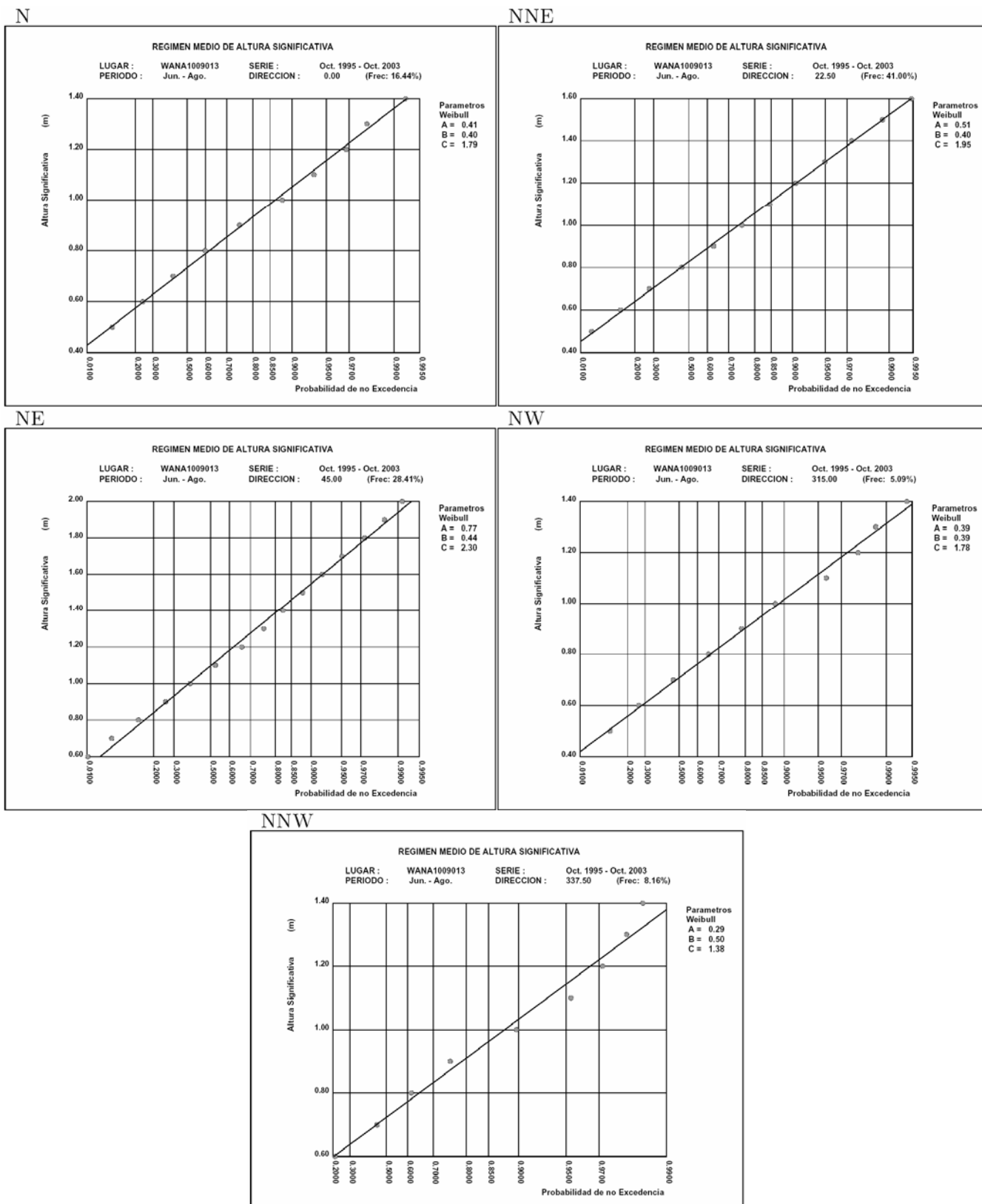
NE



Marzo - Mayo

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



Junio – Agosto

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

3.2.4.4. Punto Wana 1010015

3.2.4.4.1. Regímenes escalares

3.2.4.4.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 131 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

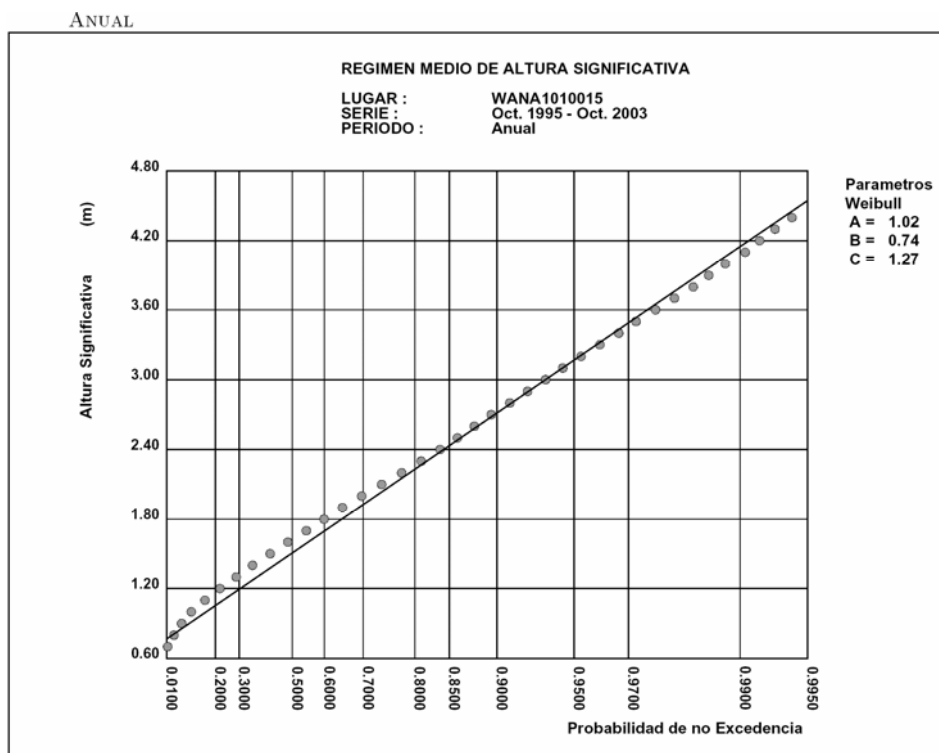


Figura 131 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.74}{1.02}\right)^{1.27}\right) \quad [3-5]$$

3.2.4.4.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

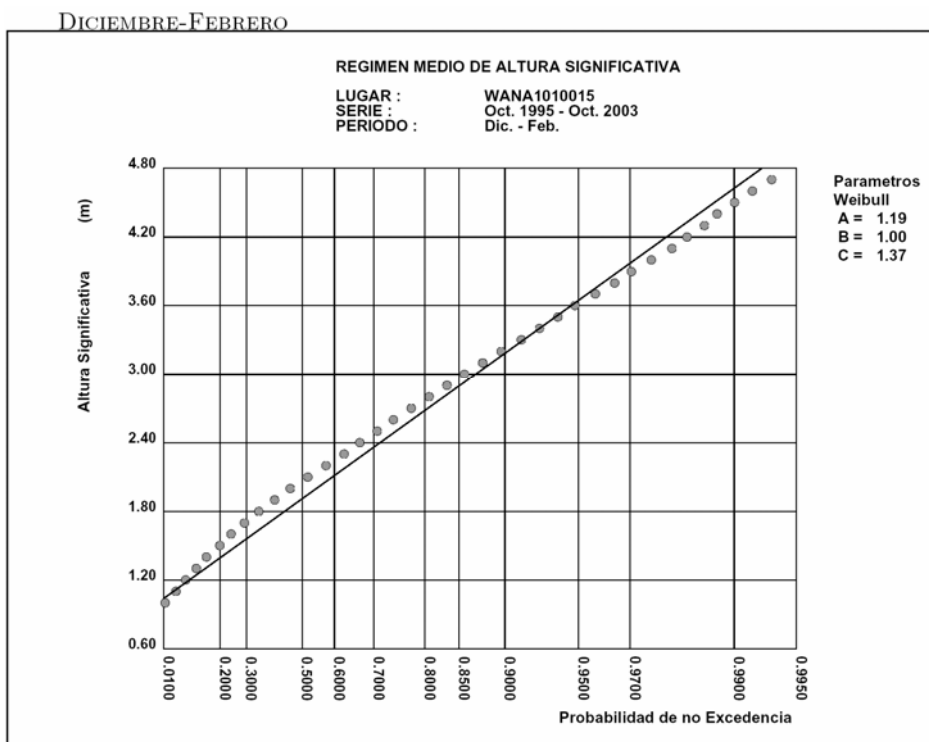


Figura 132 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

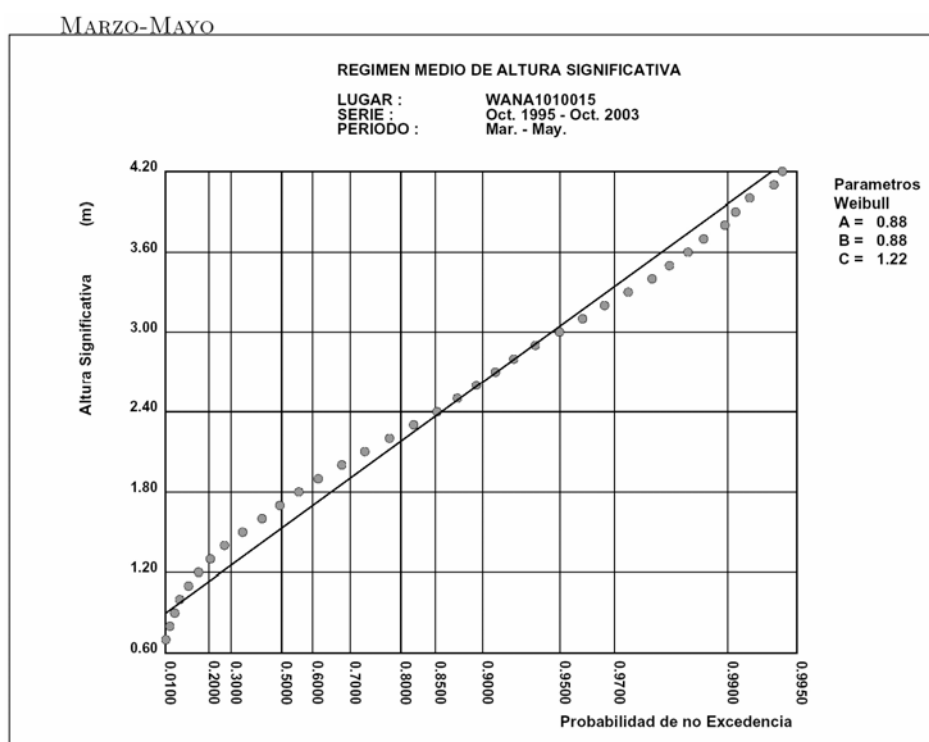


Figura 133 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

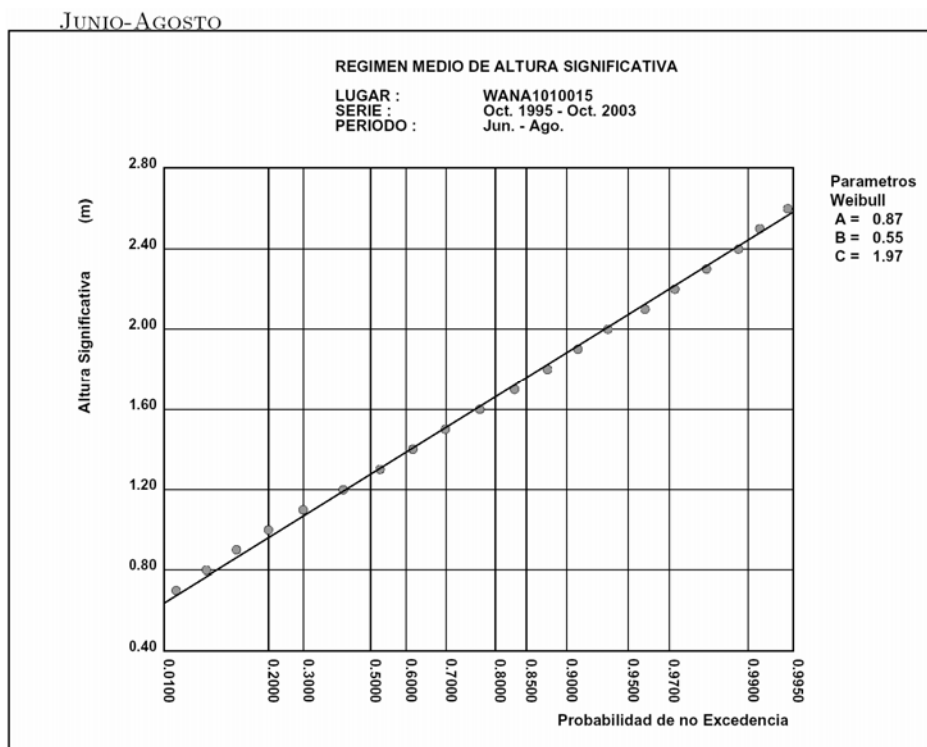


Figura 134 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (junio - agosto)

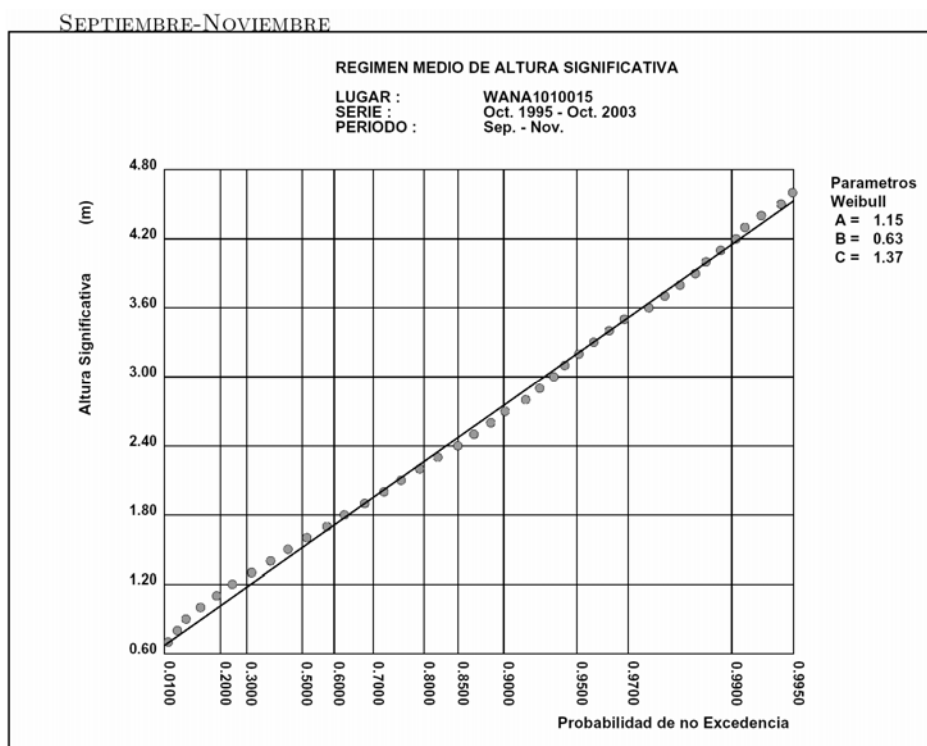


Figura 135 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.4.4.2. Regímenes direccionales

3.2.4.4.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 136 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

La Figura 137 muestra gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

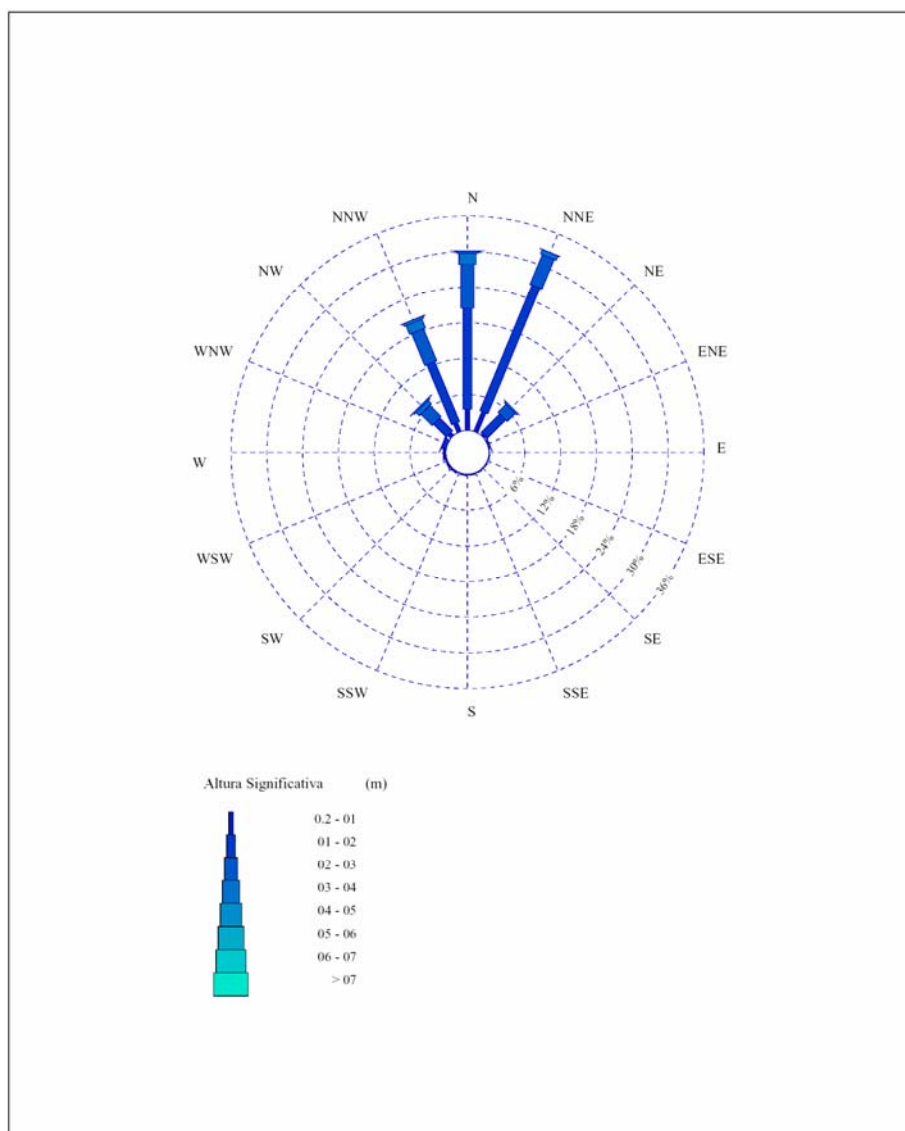
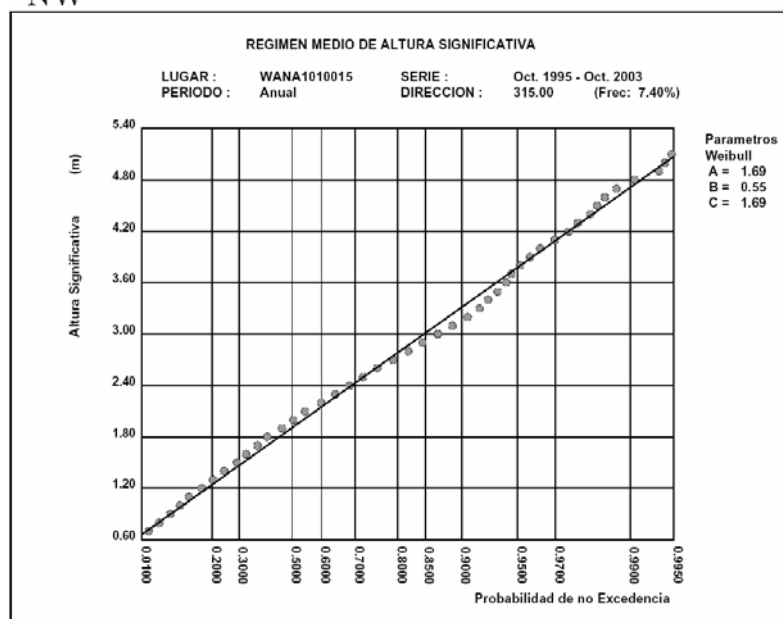
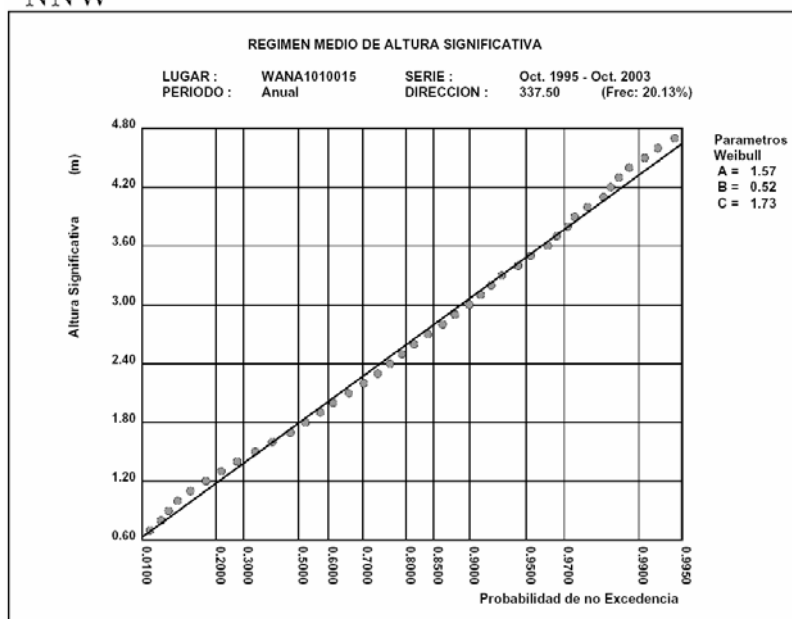


Figura 136 .- Rosa de oleaje anual en el punto WANA 1010015

NW



NNW



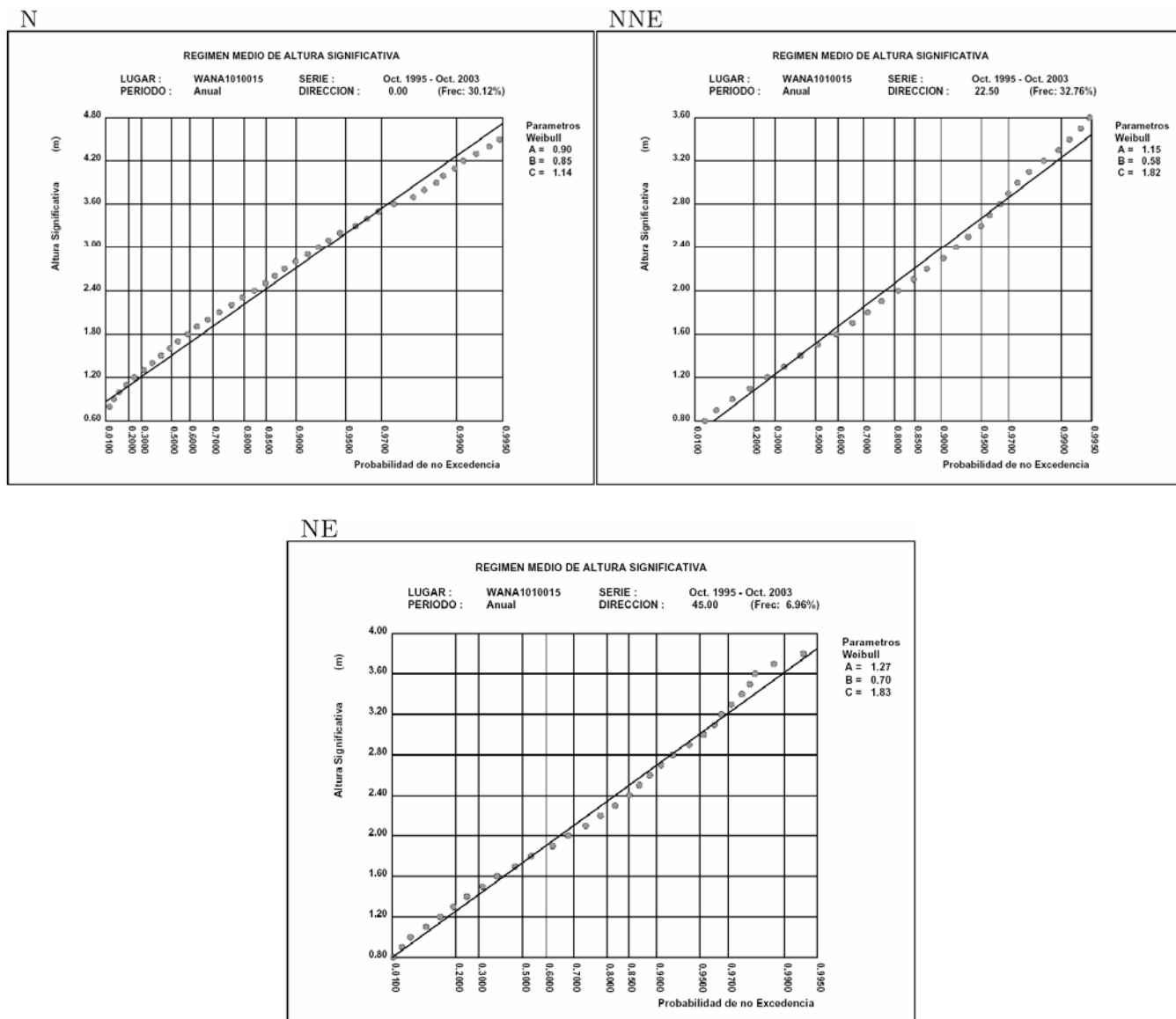


Figura 137 .- Regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa

3.2.4.4.3. Regímenes medios direccionales estacionales

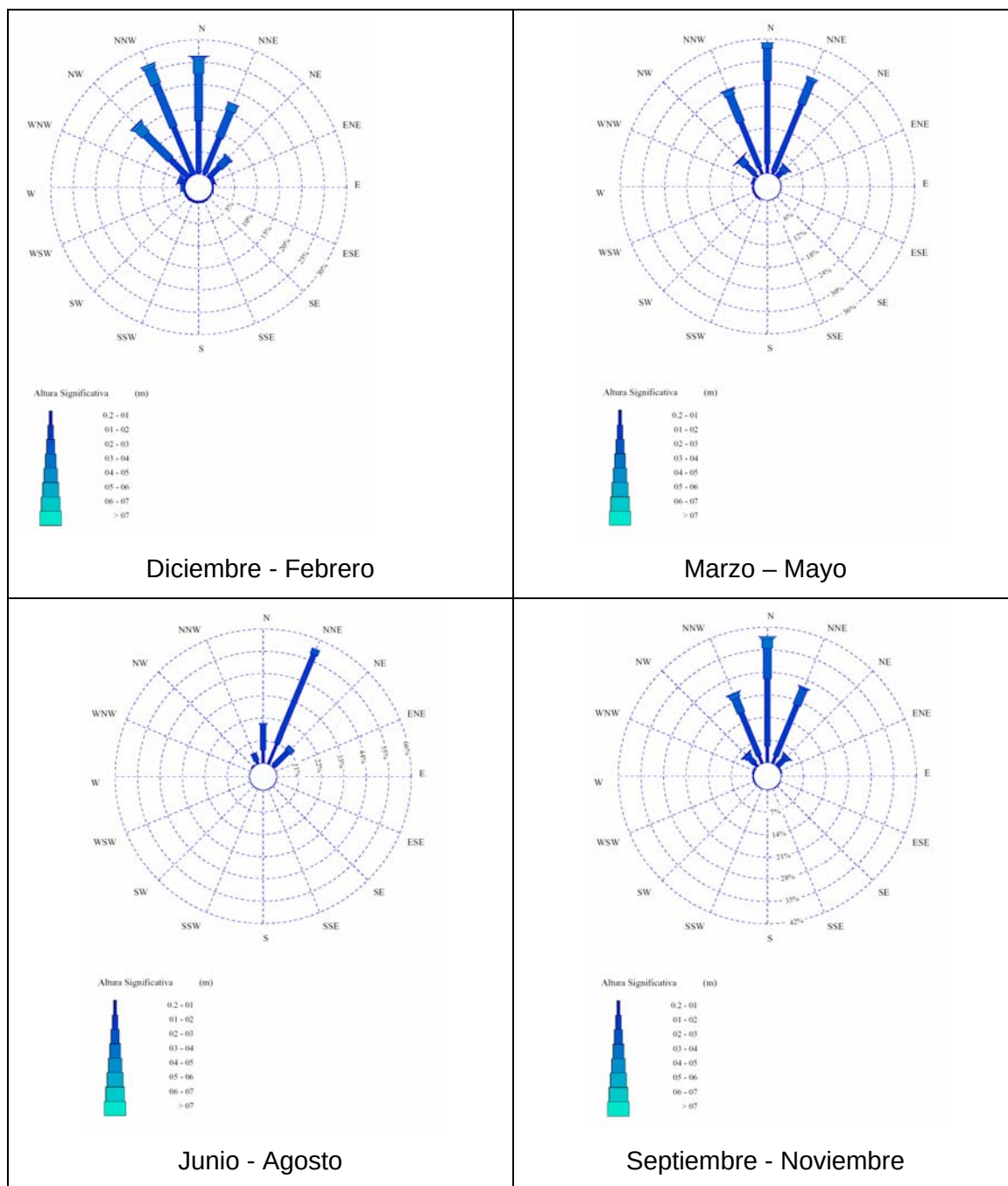
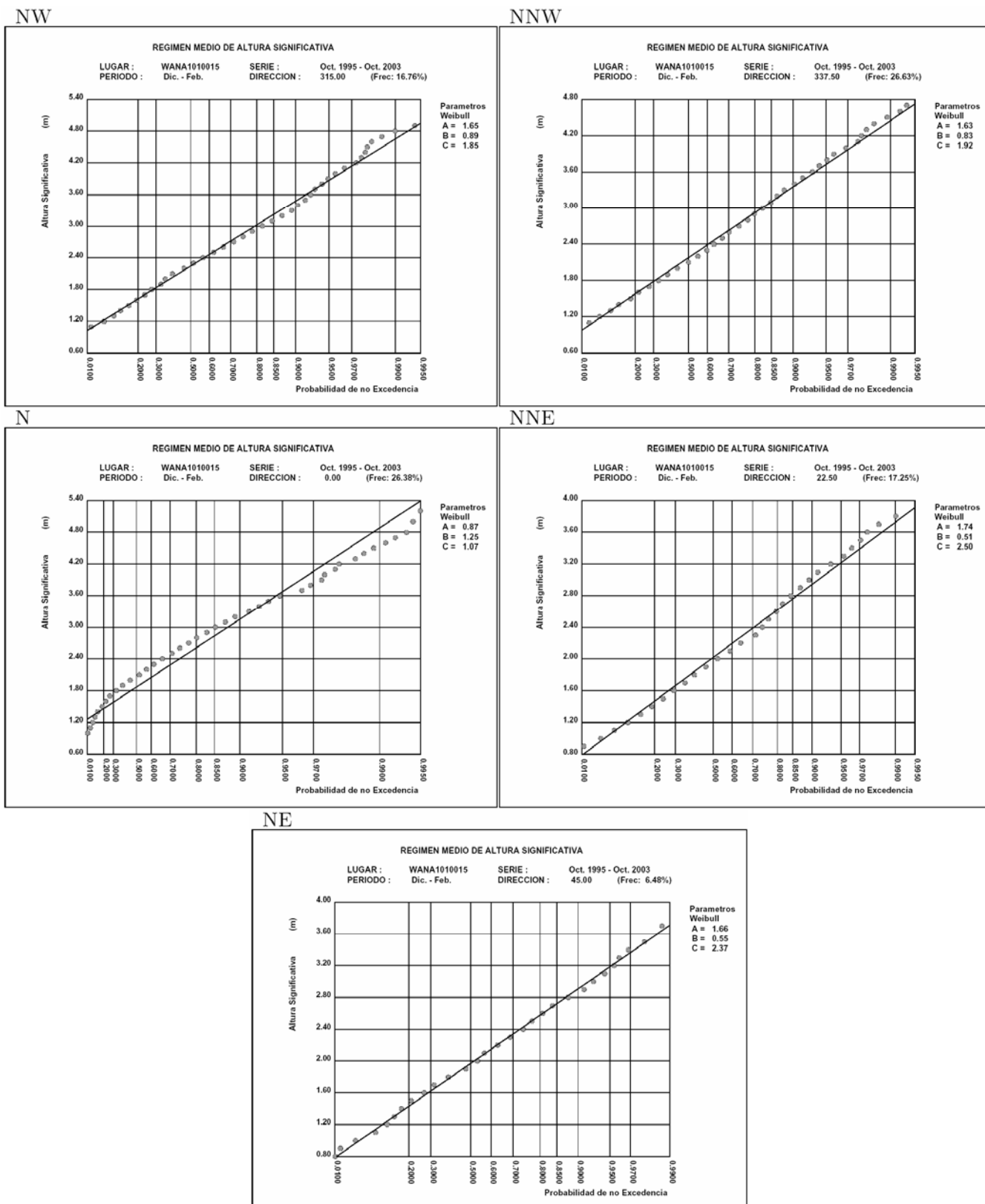


Figura 138 .- Rosas estacionales en el punto WANA 1010015

En la Figura 139 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.

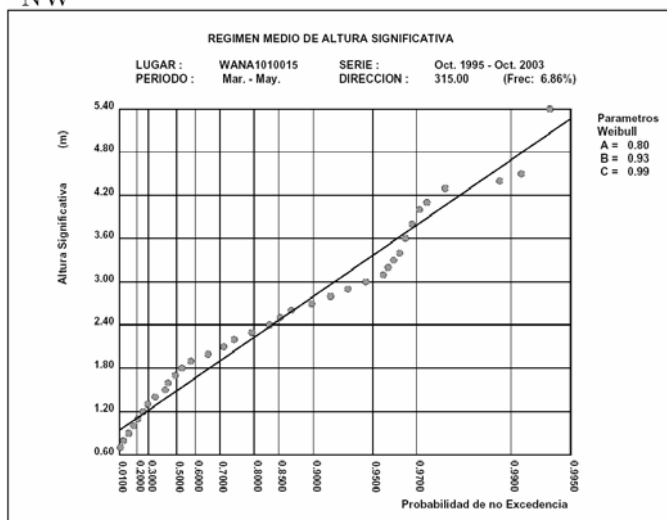


Diciembre - Febrero

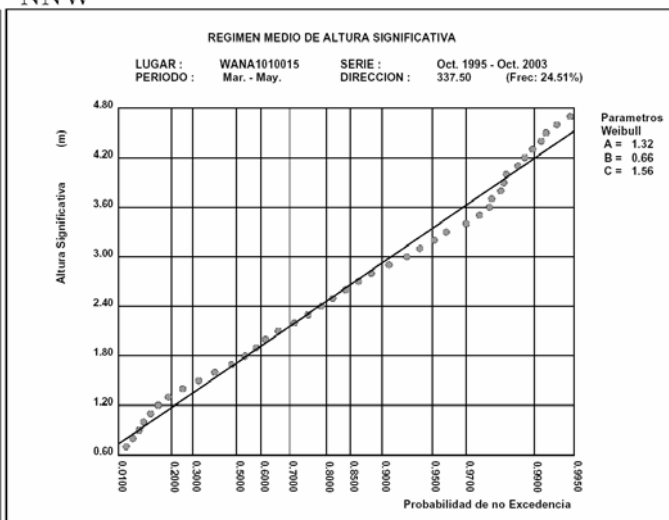
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

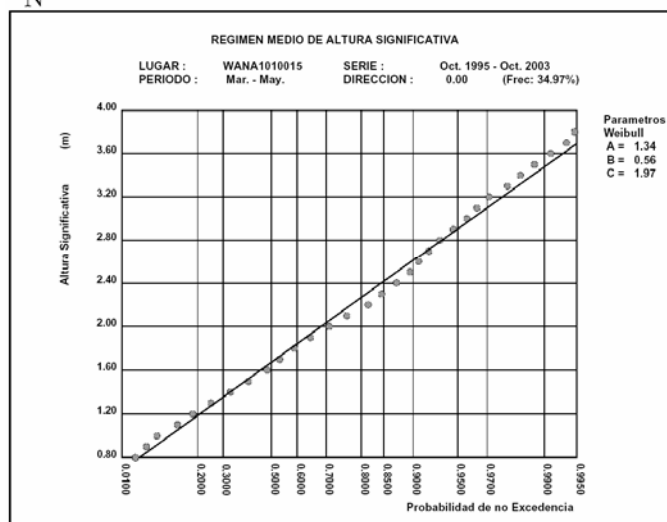
NW



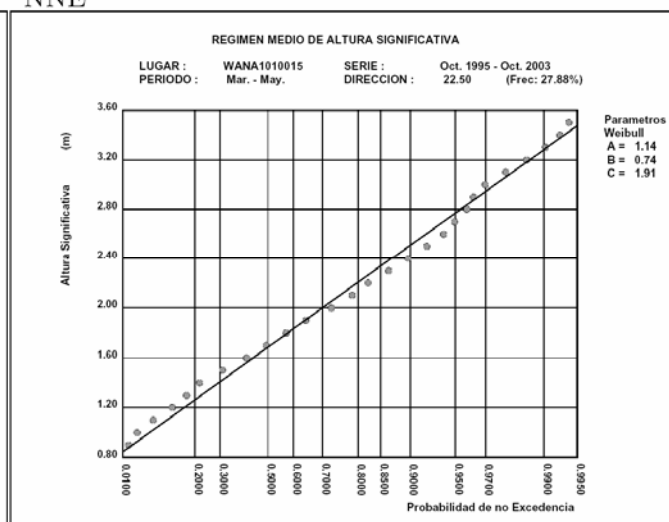
NNW



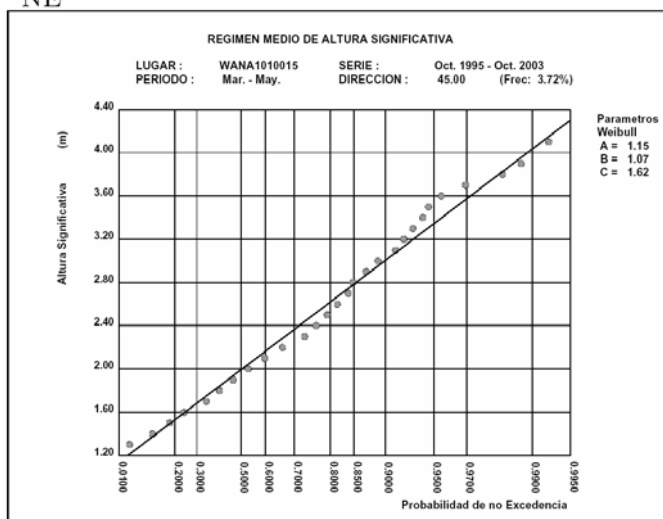
N



NNE



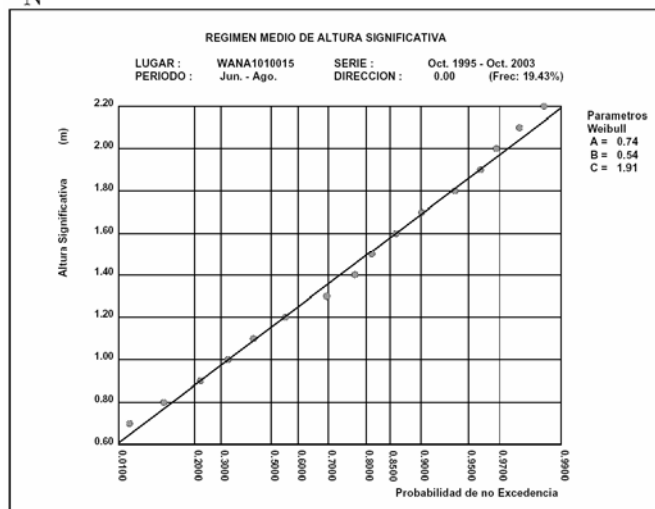
NE



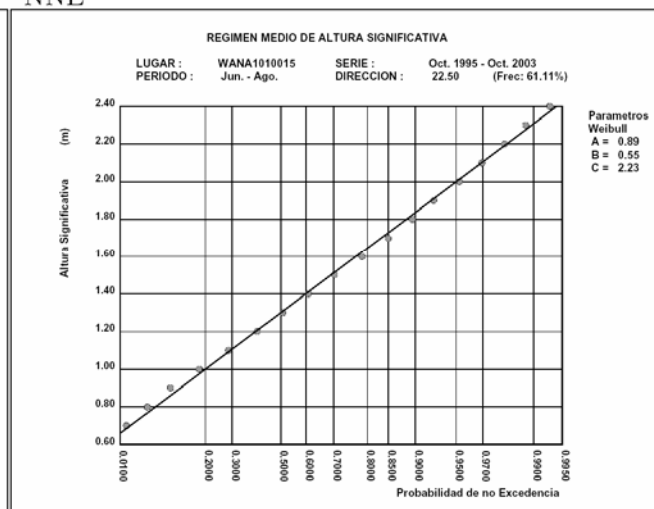
Marzo - Mayo

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

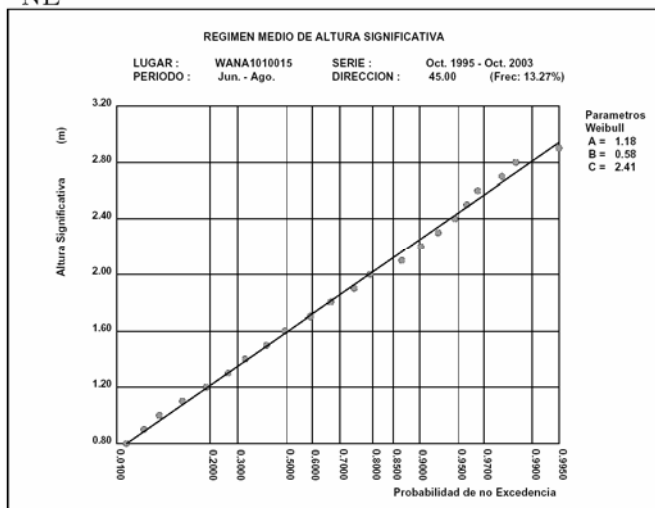
N



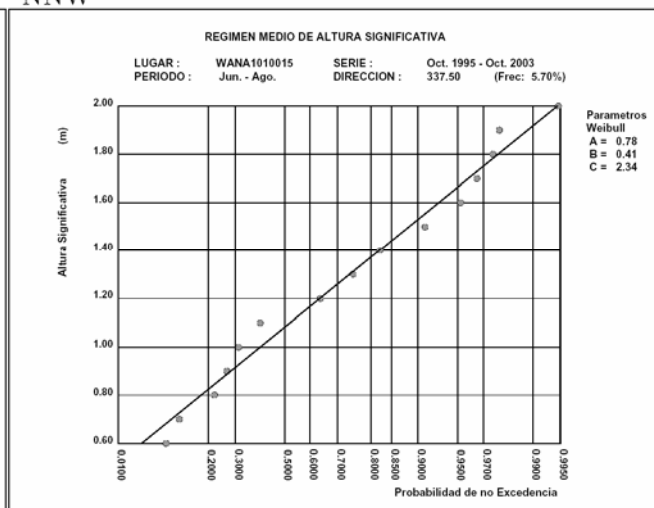
NNE



NE

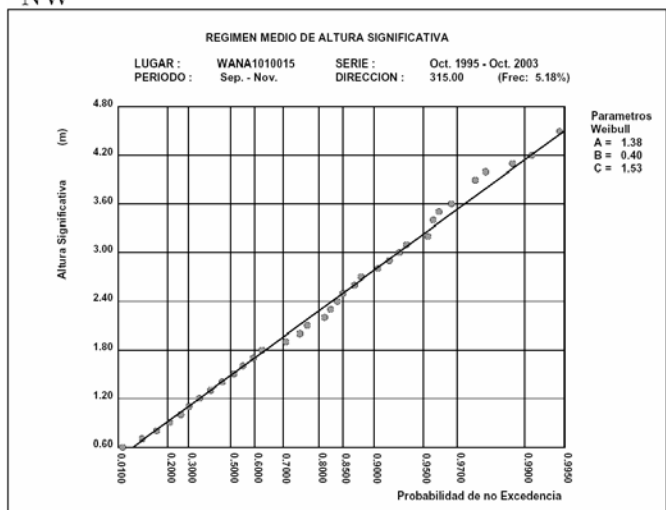


NNW

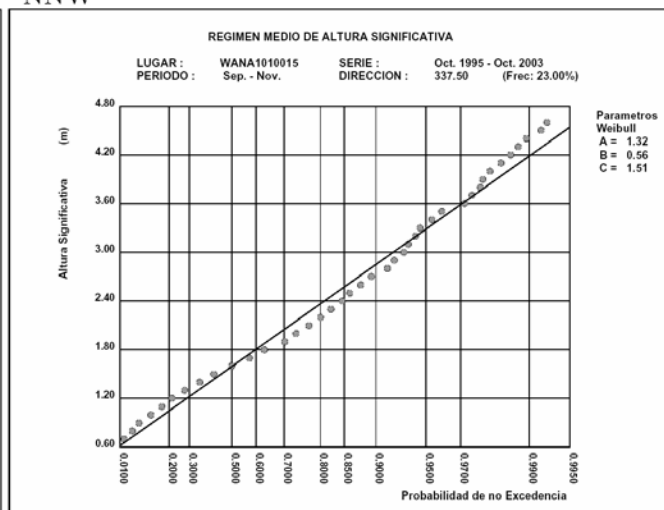


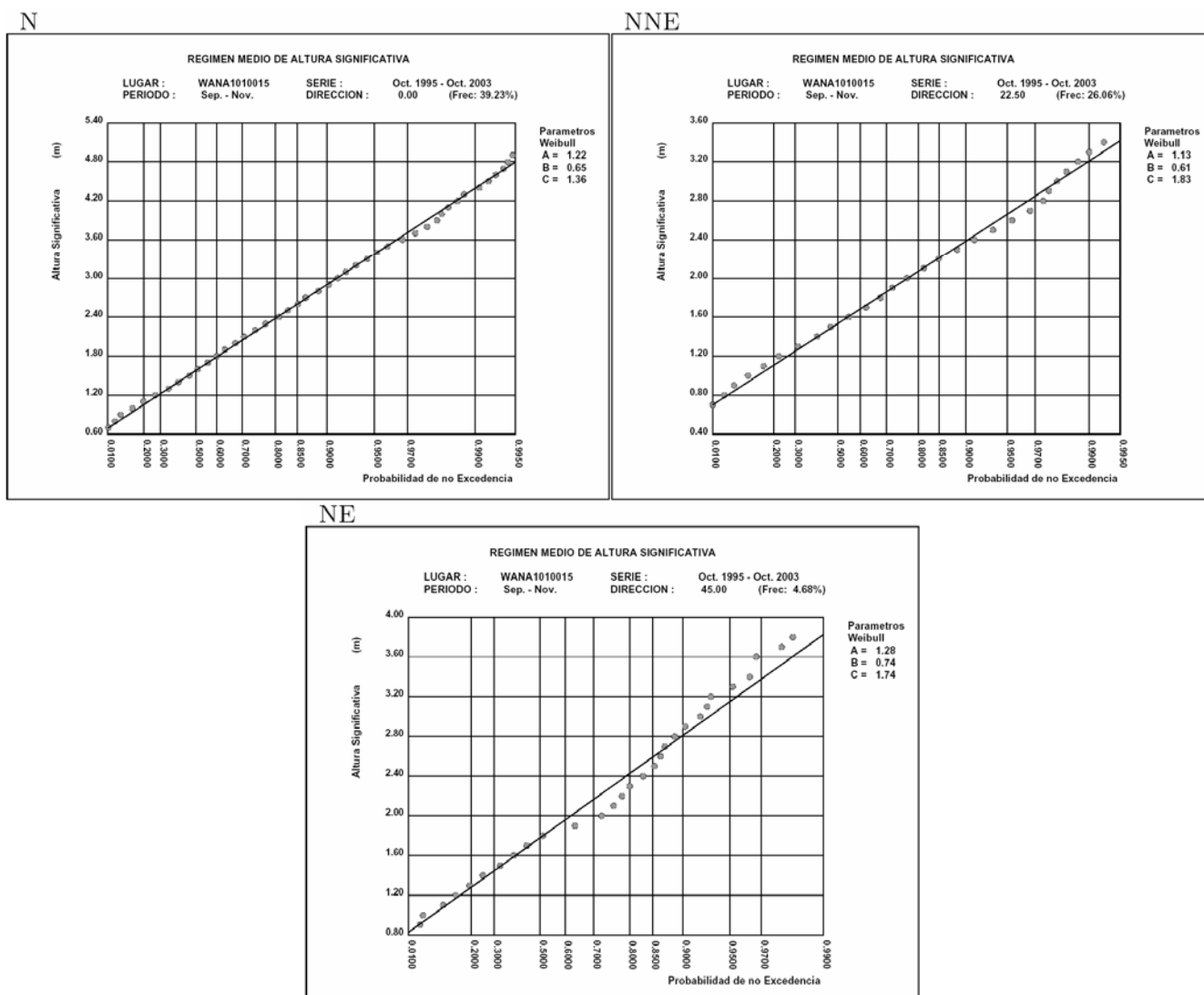
Junio – Agosto

NW



NNW





Septiembre – Noviembre

Figura 139 .- Regímenes medios direccionales estacionales de los sectores representativos

3.2.5. Regímenes medios de viento

De forma similar a lo realizado para el oleaje para los distintos puntos Wana (apartado 3.2.4) se ha realizado la misma estadística para los datos de viento allí obtenidos.

3.2.6. Punto Wana 1008016

3.2.6.1. Regímenes escalares

3.2.6.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 140 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

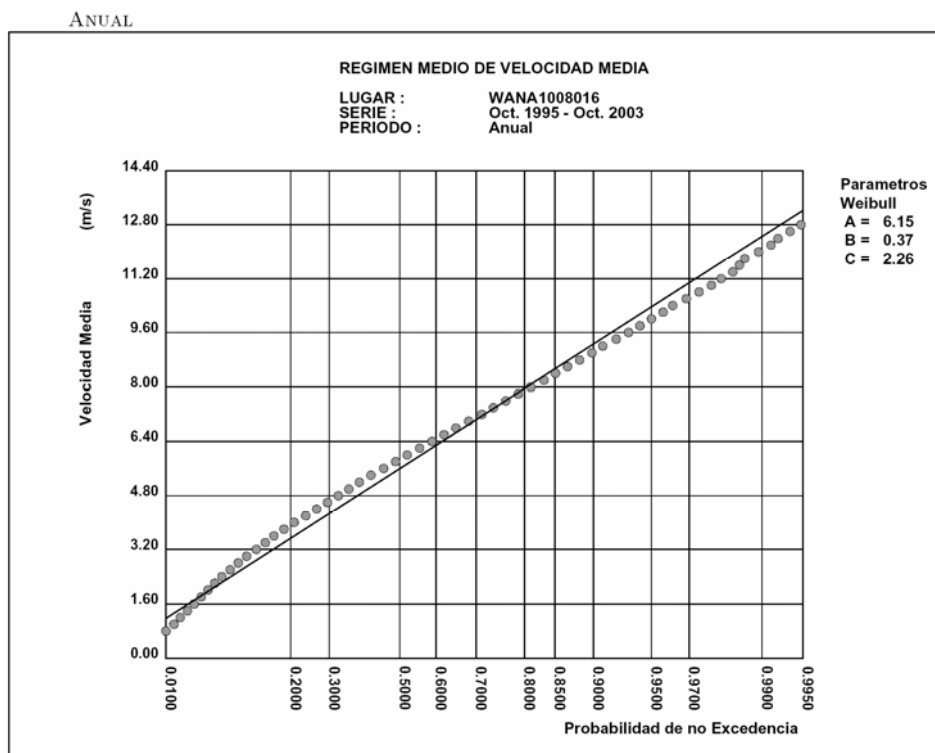


Figura 140 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.37}{6.15}\right)^{2.26}\right) \quad [3-6]$$

3.2.6.1.1.1. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

DICIEMBRE-FEBRERO

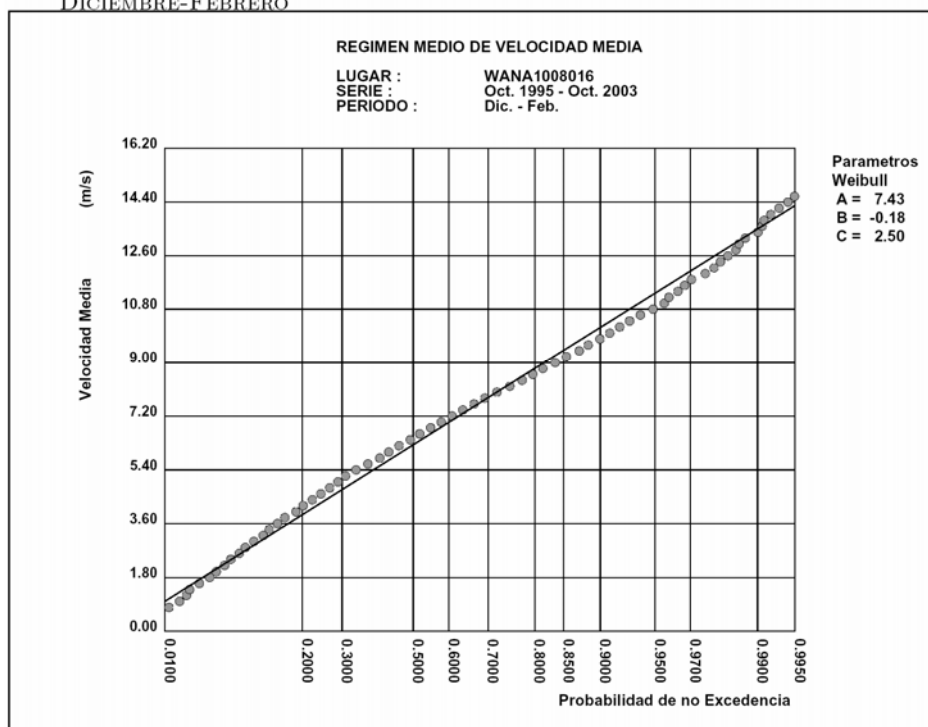


Figura 141 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

MARZO-MAYO

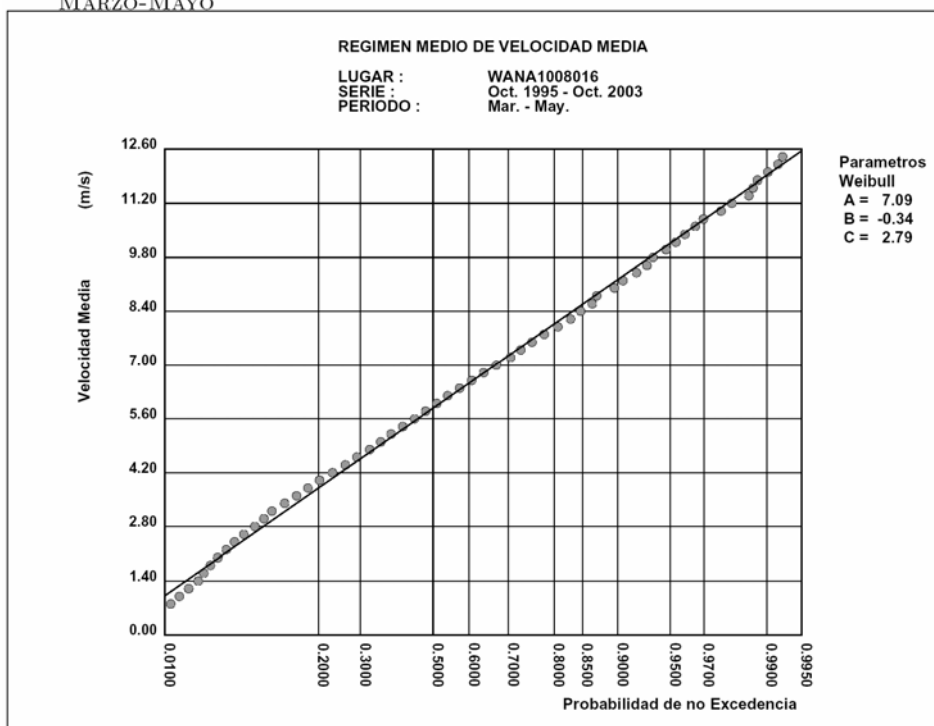


Figura 142 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

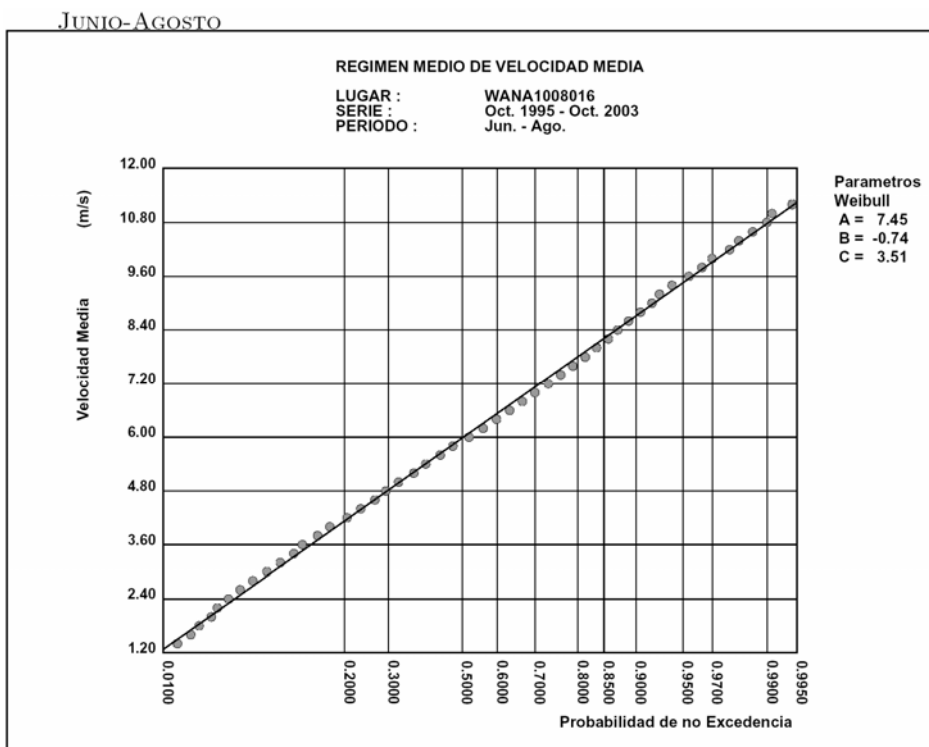


Figura 143 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (junio - agosto)

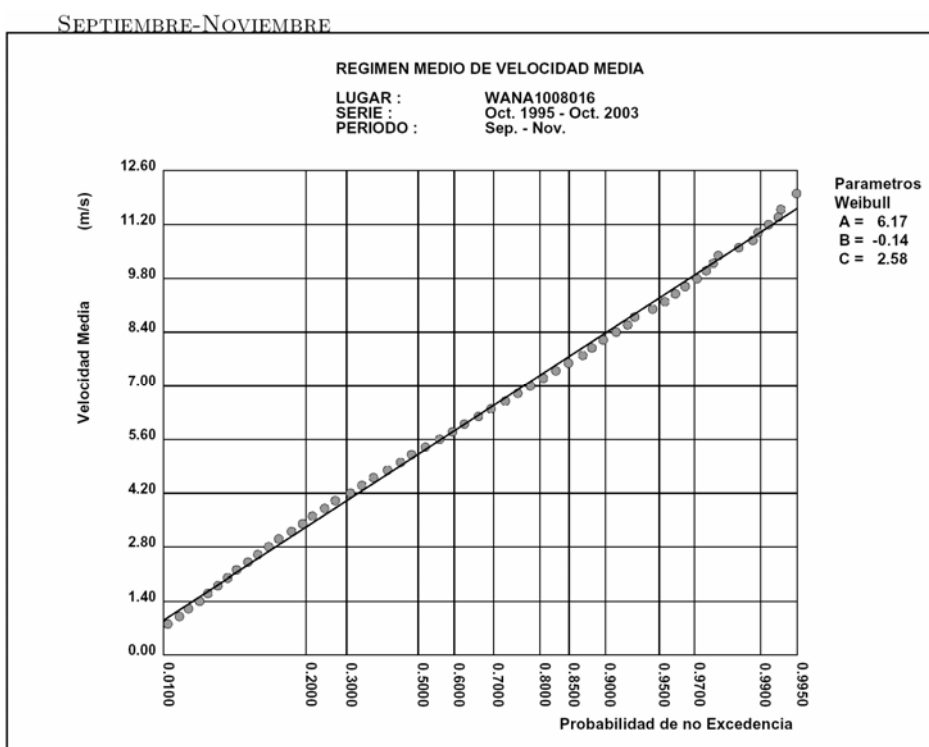


Figura 144 .- Punto WANA 1008016. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.6.1.2. Regímenes direccionales

3.2.6.1.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 145 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

De la Figura 146 a la Figura 148 se muestran gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

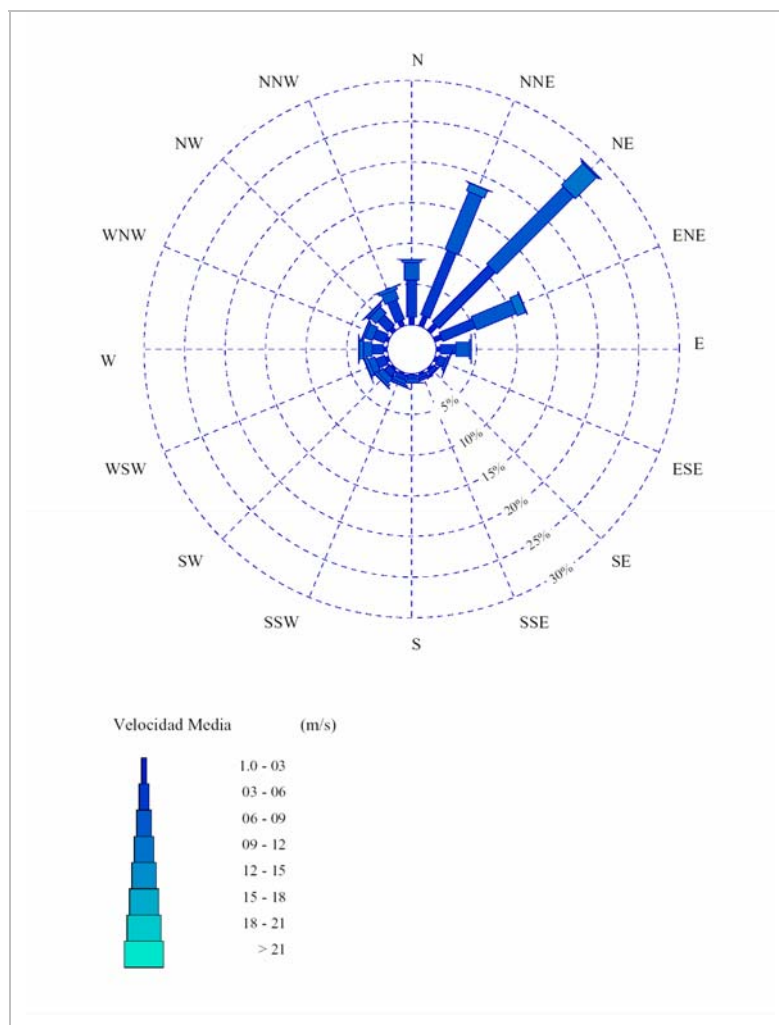


Figura 145 .- Rosa de viento anual en el punto WANA 1008016

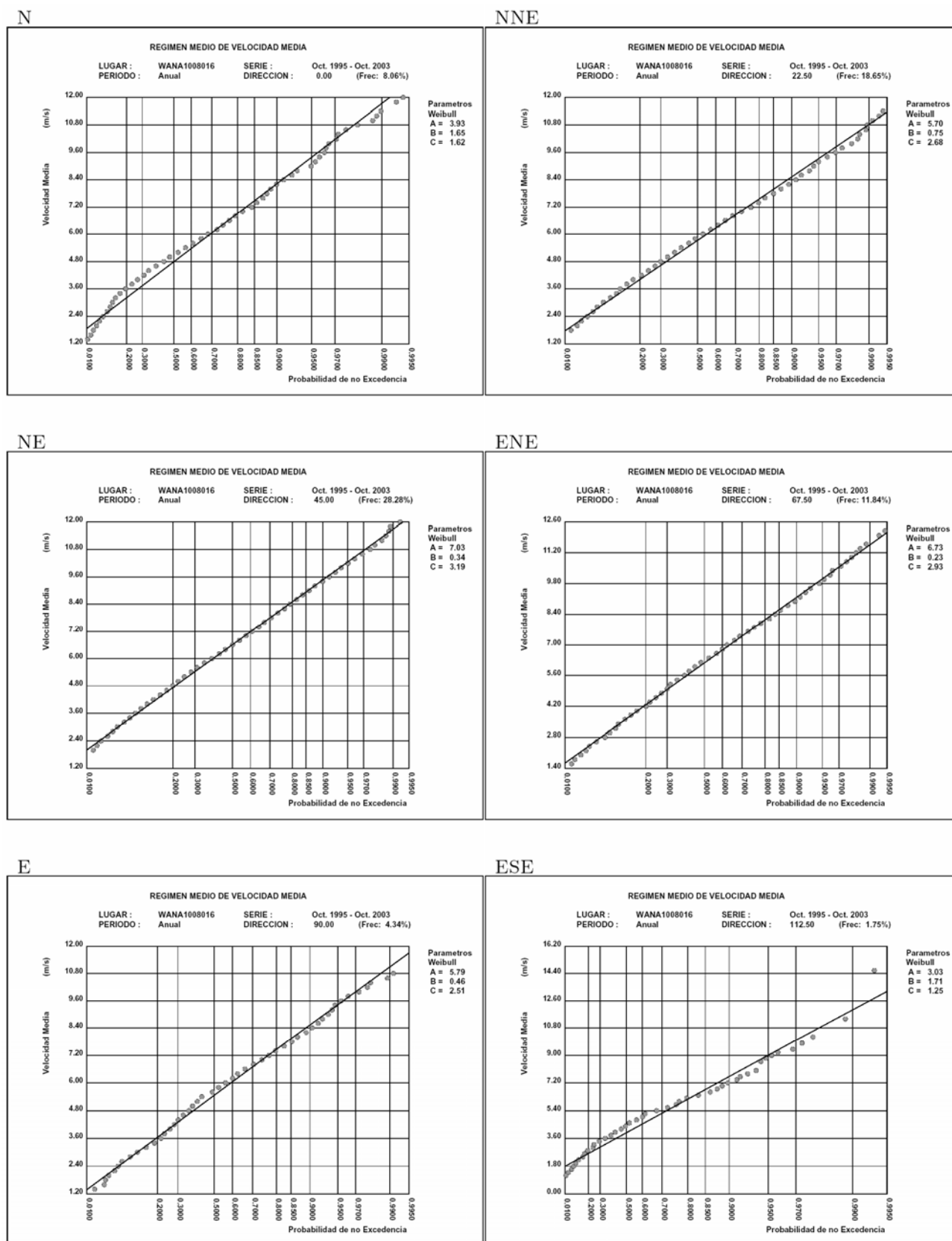
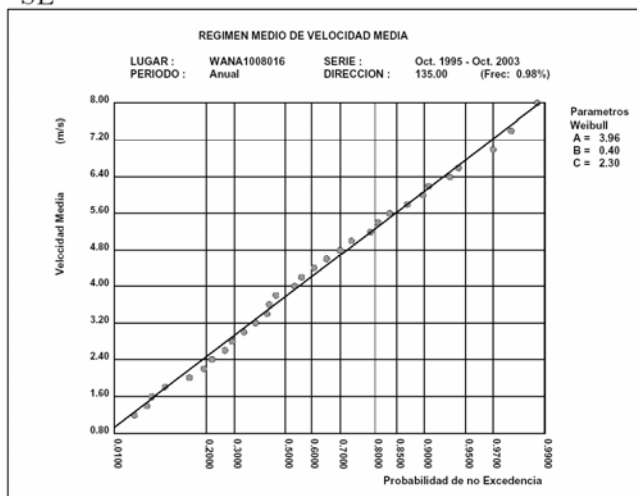
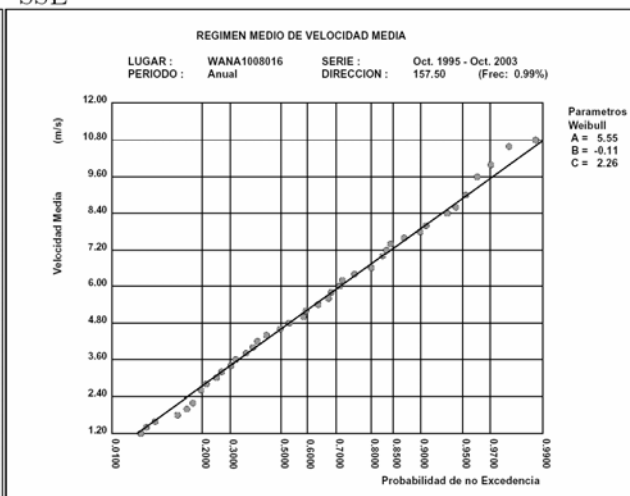


Figura 146 .- Regímenes medios direccionales anuales /1

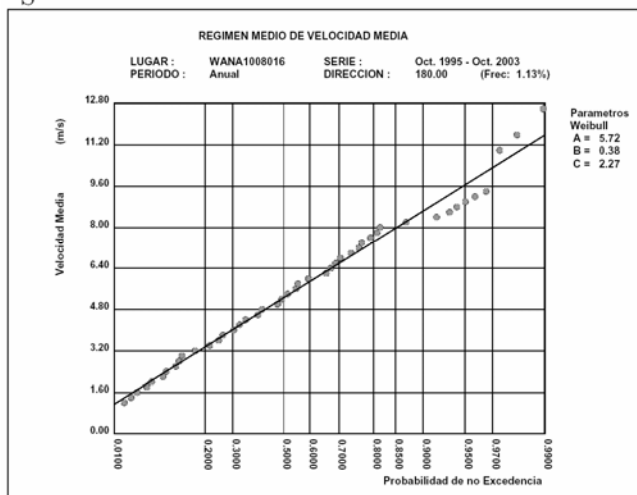
SE



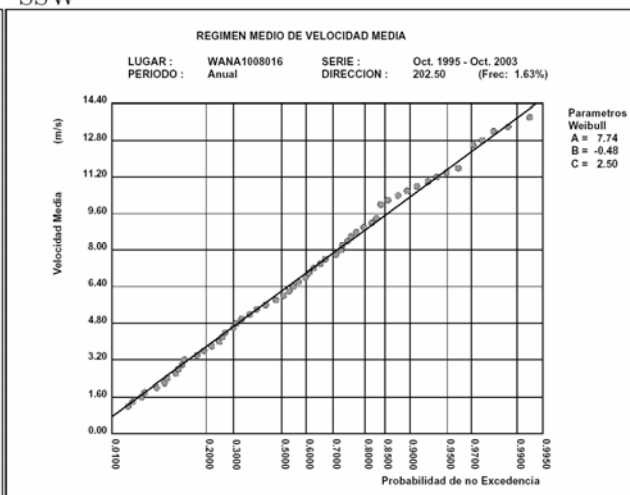
SSE



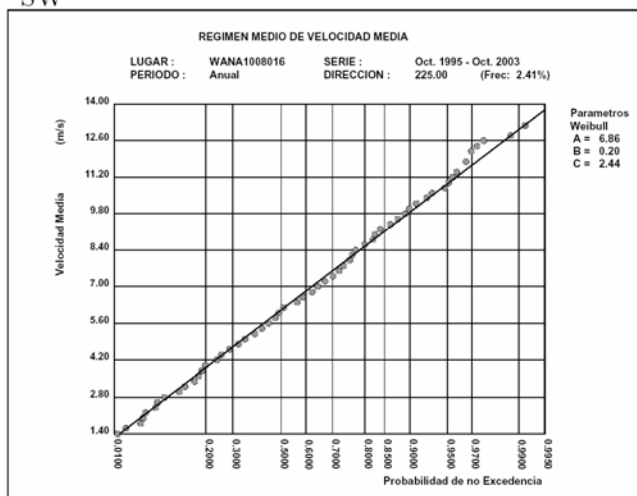
S



SSW



SW



WSW

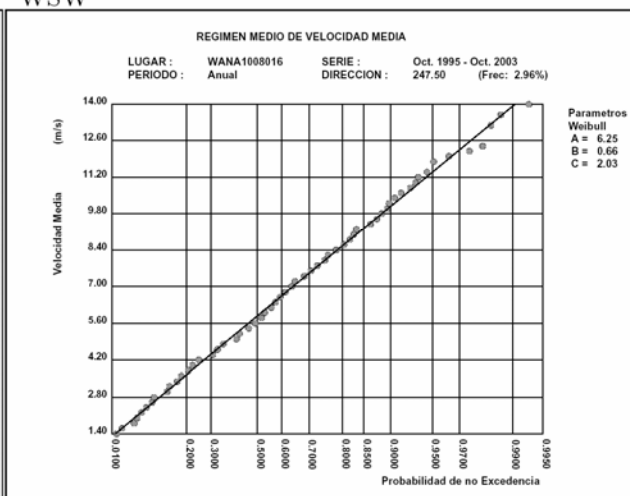
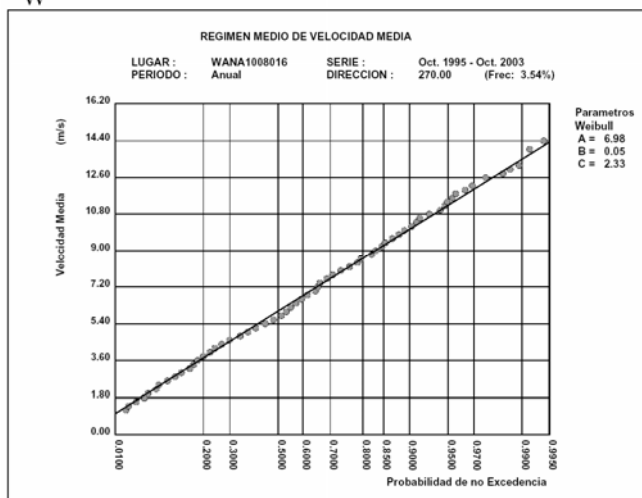
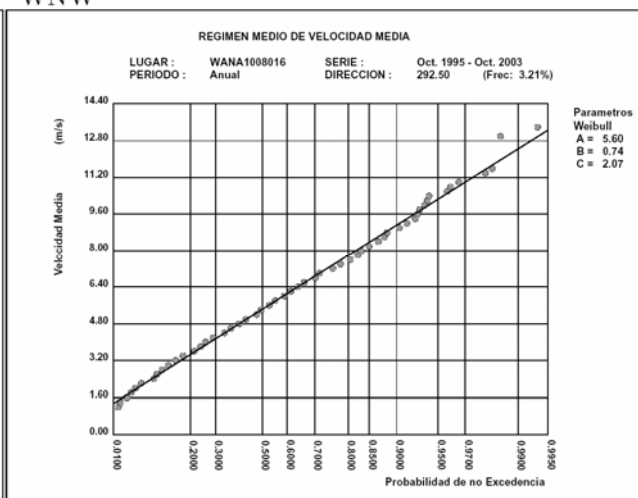


Figura 147 .- Regímenes medios direccionales anuales /2

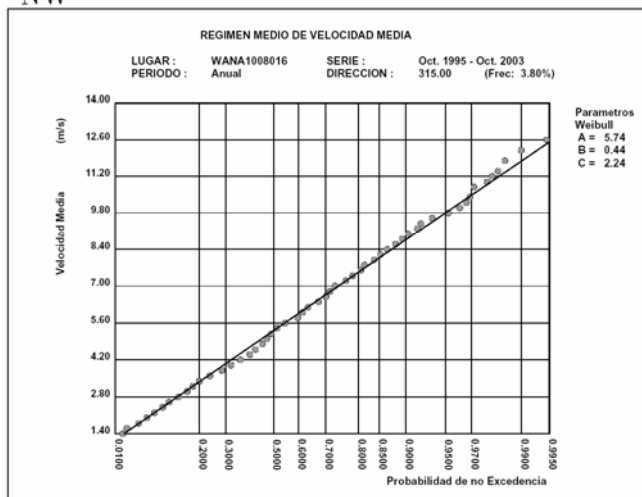
W



WNW



NW



NNW

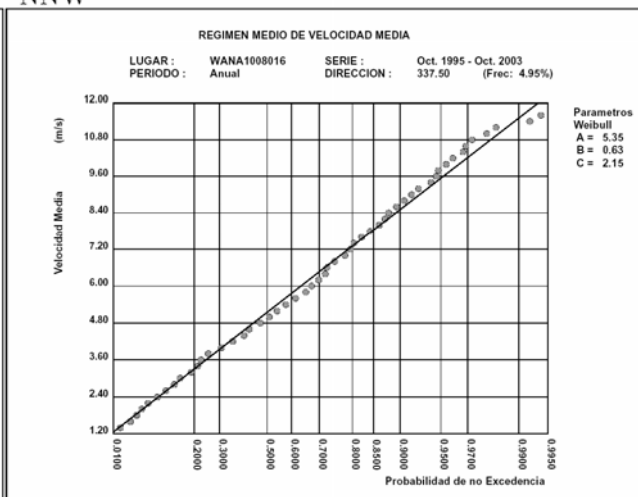


Figura 148 .- Regímenes medios direccionales /3

3.2.6.1.2.2. Regímenes medios direccionales estacionales

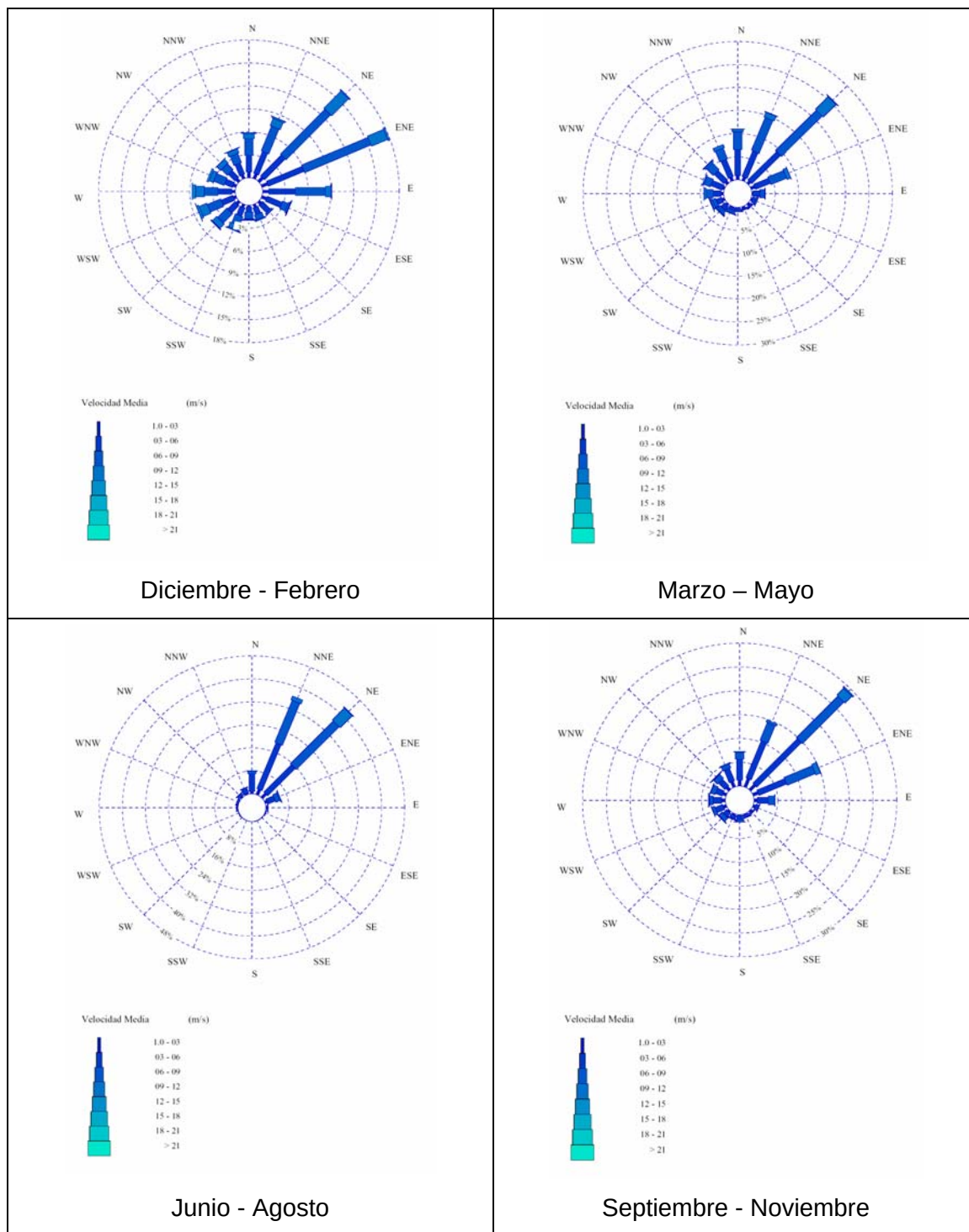
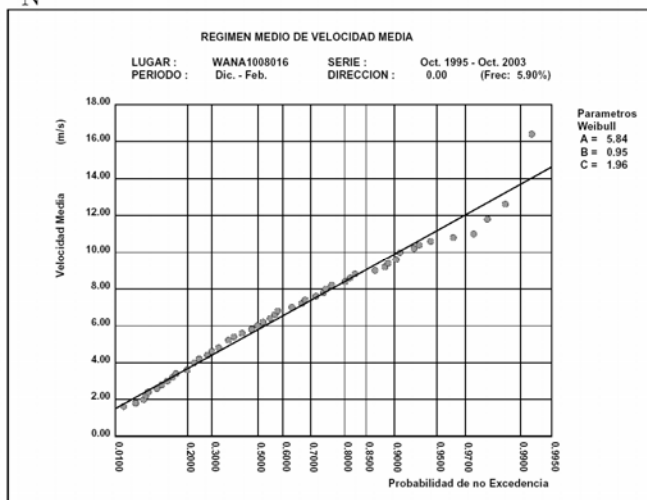


Figura 149. - Rosas de viento estacionales en el punto WANA 1008016

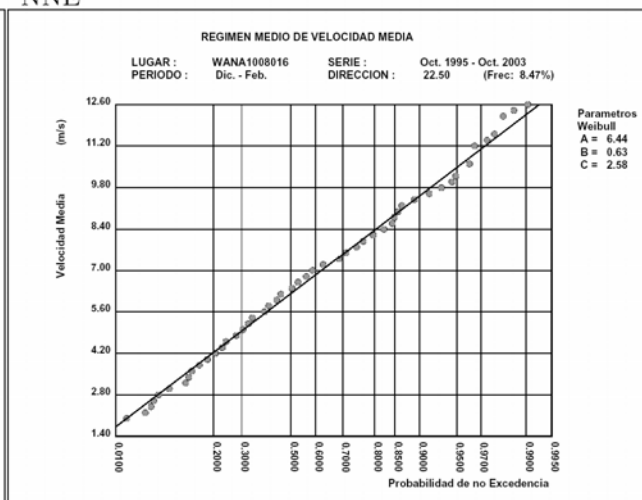
En la Figura 150 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.



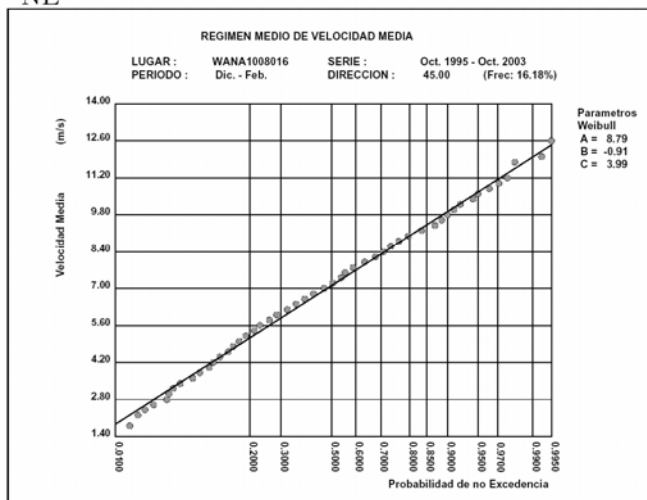
N



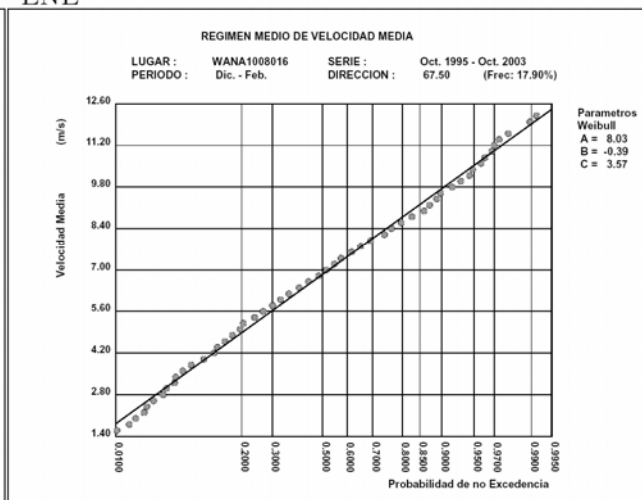
NNE



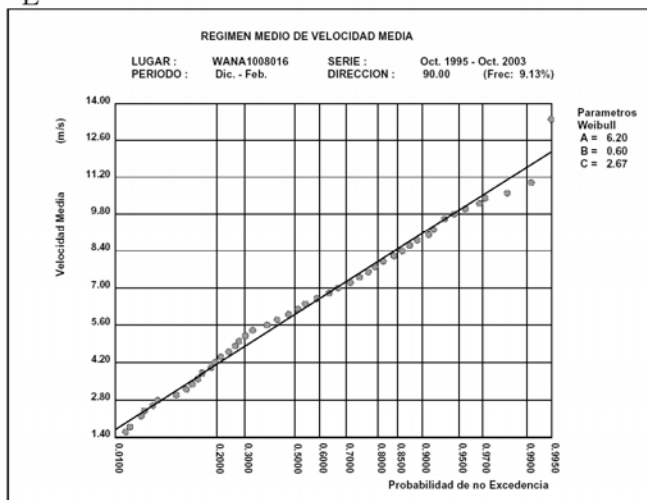
NE



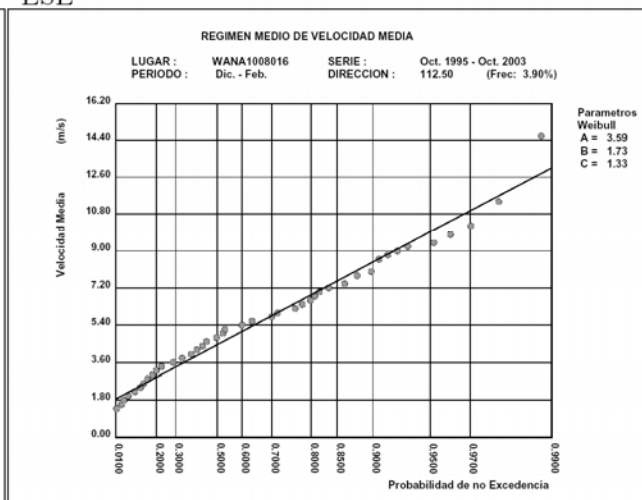
ENE



E



ESE

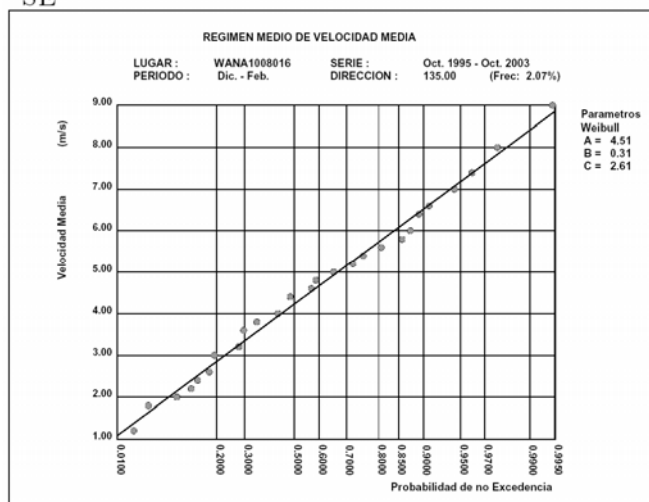


ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

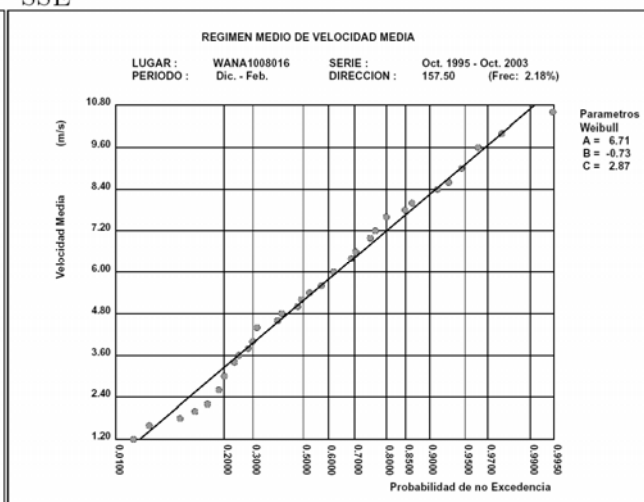
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



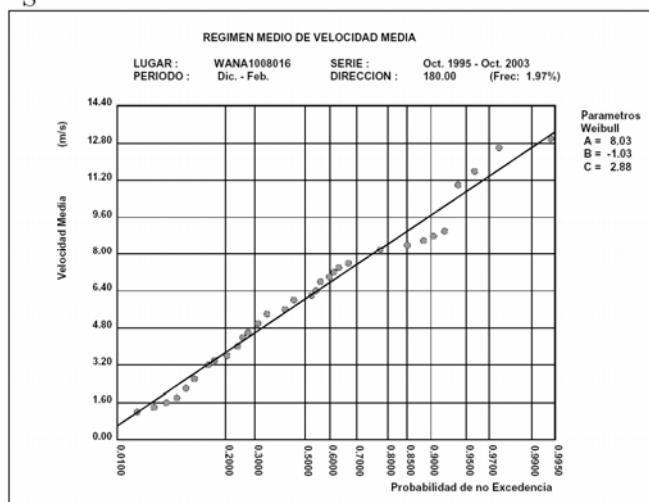
SE



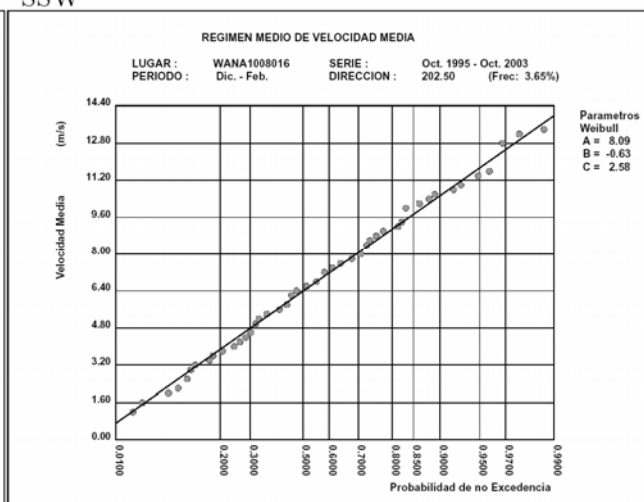
SSE



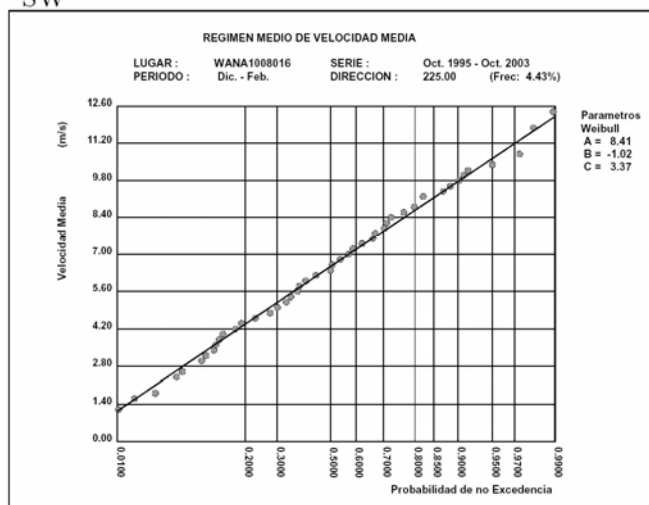
S



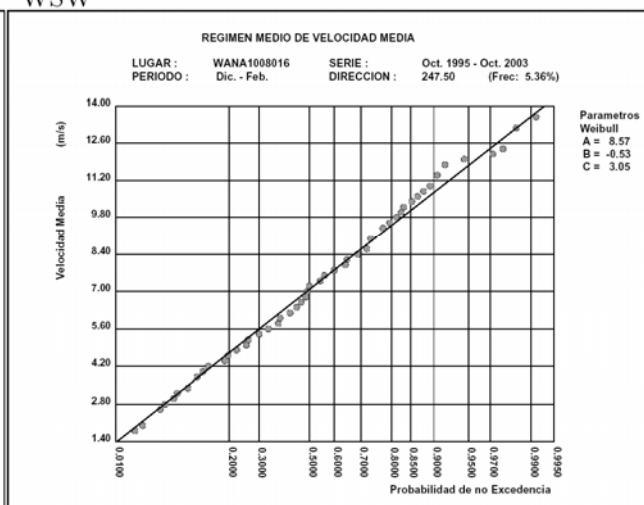
SSW



SW



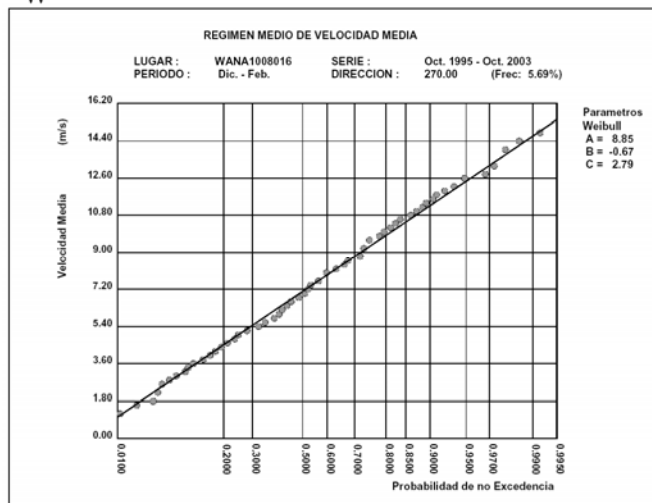
WSW



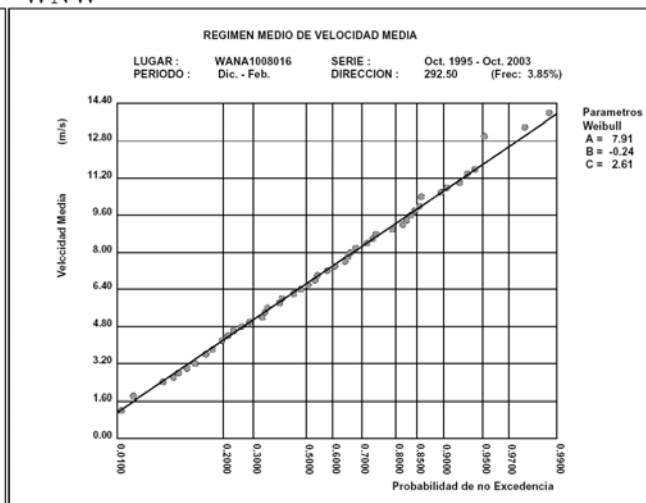
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

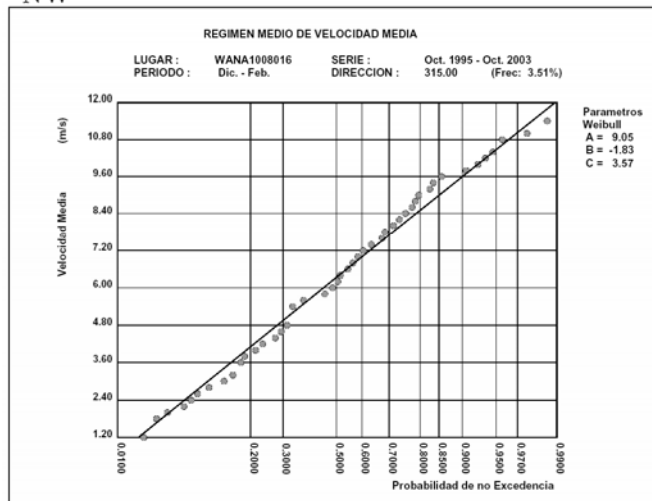
W



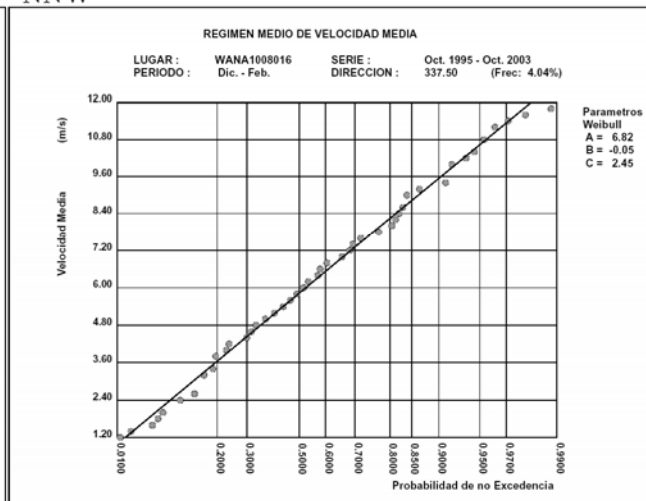
WNW



NW

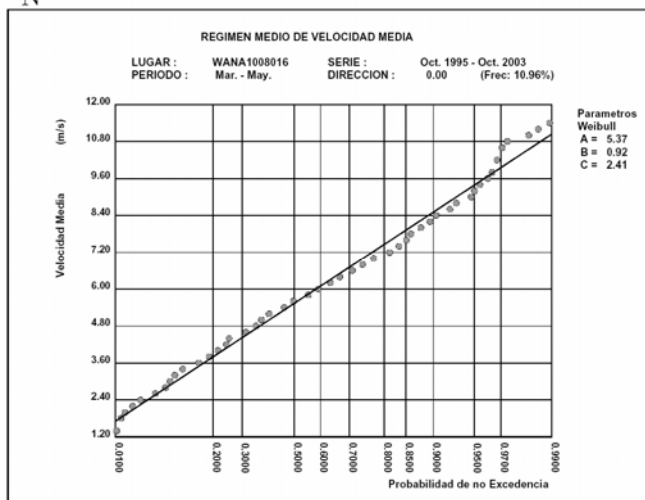


NNW

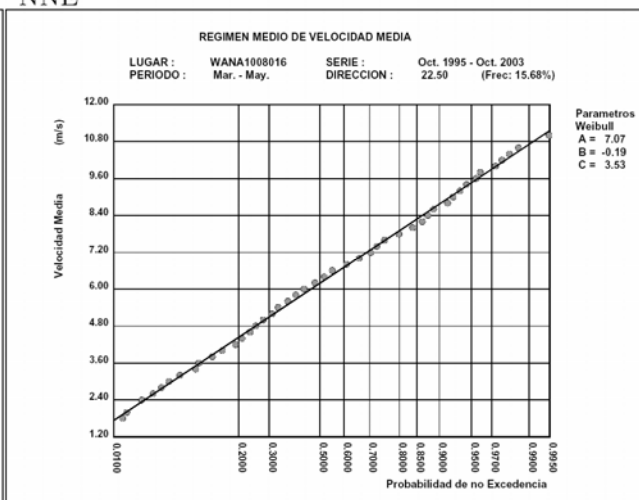


Diciembre - Febrero

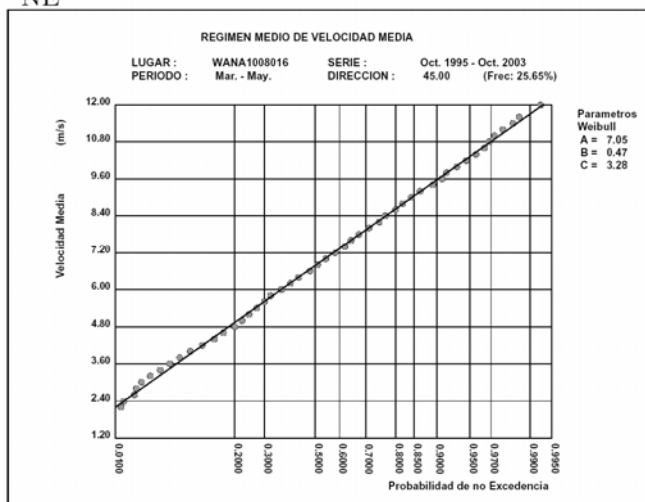
N



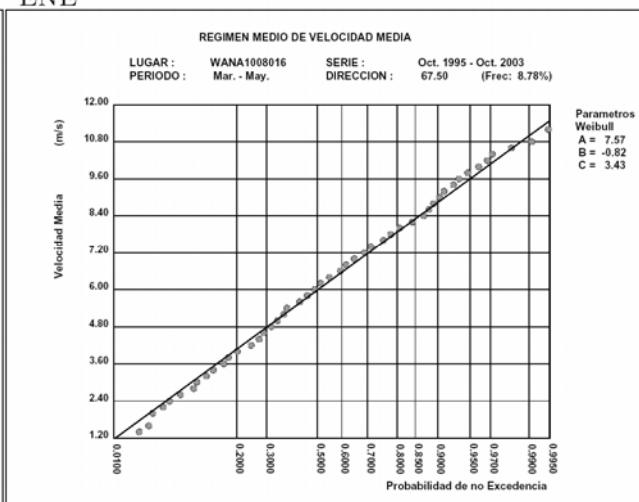
NNE



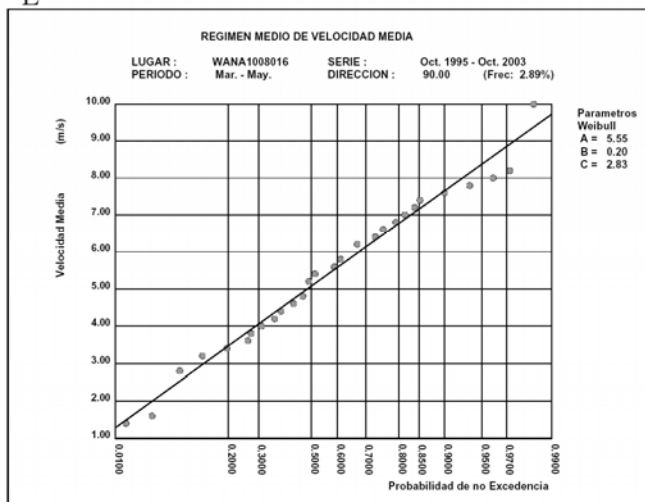
NE



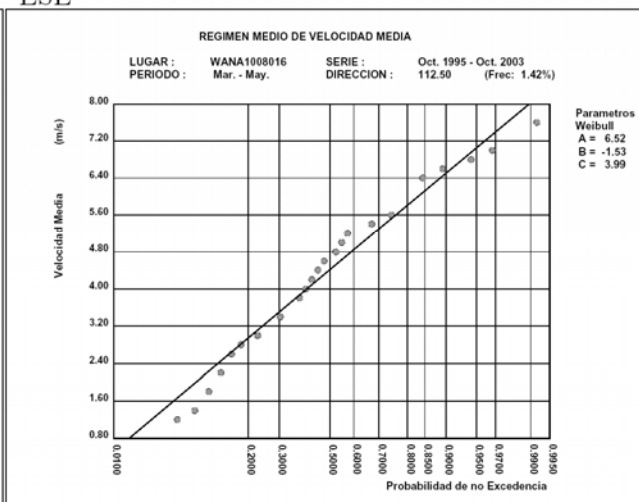
ENE



E



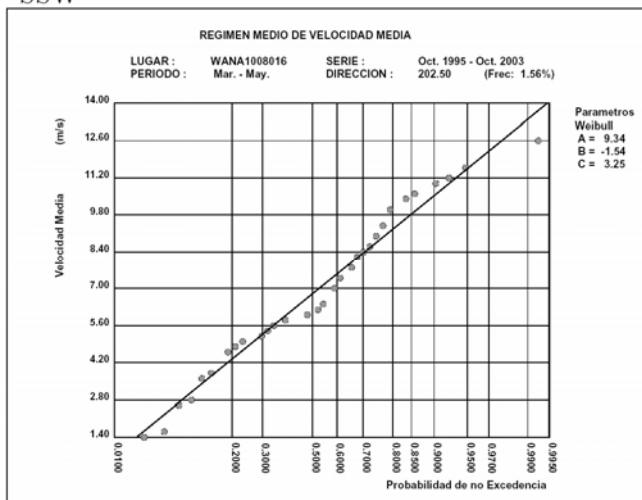
ESE



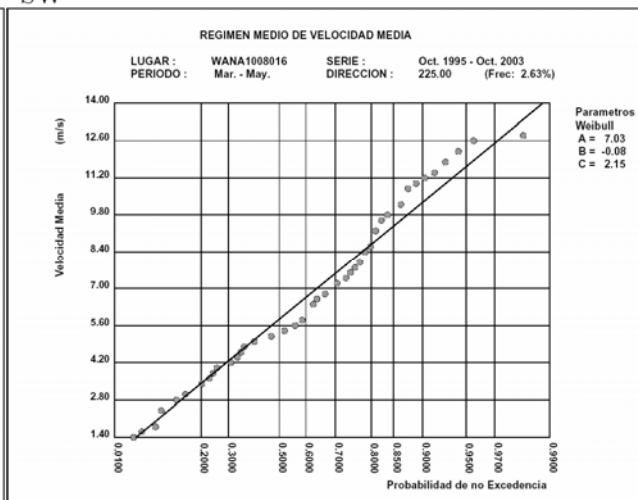
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

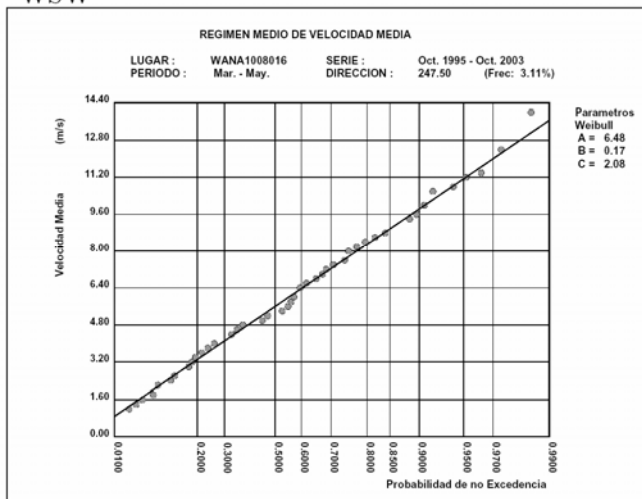
SSW



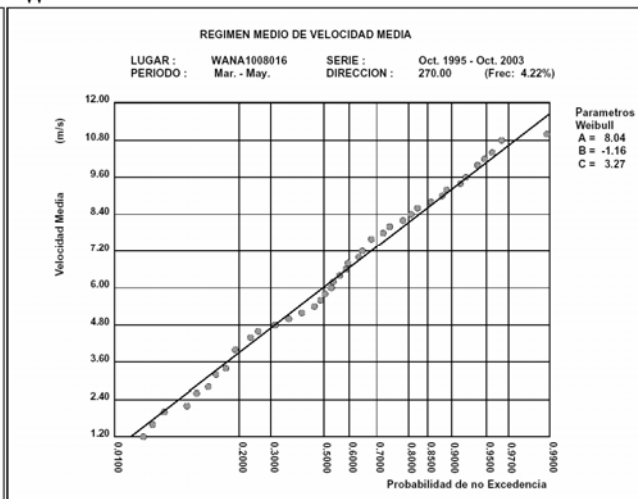
SW



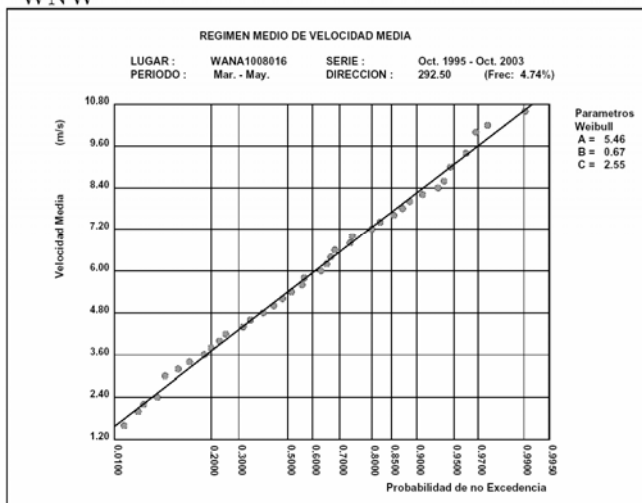
WSW



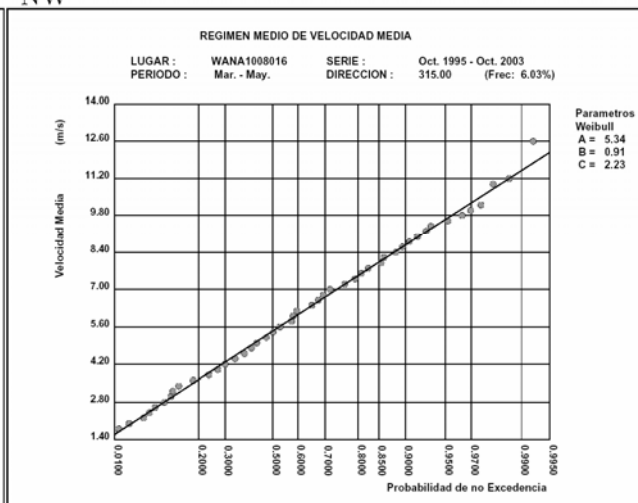
W



WNW



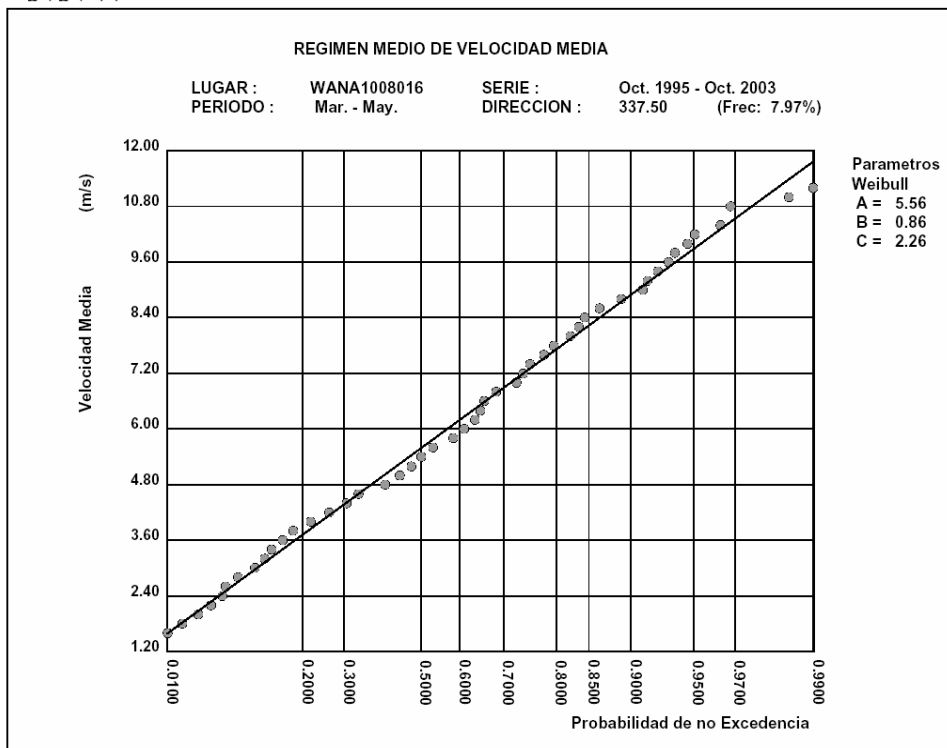
NW



ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

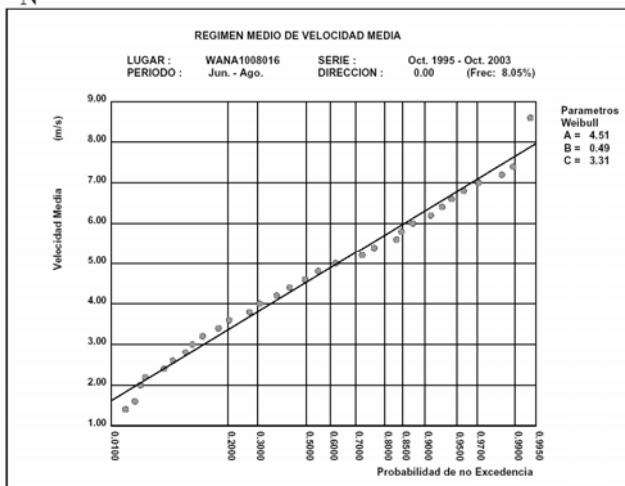
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

NNW

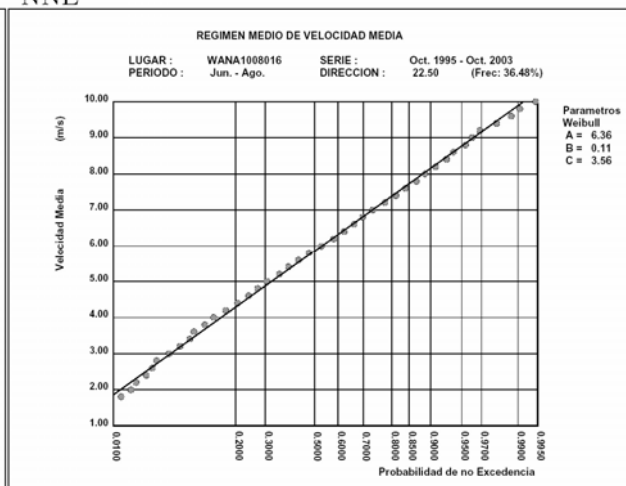


Marzo - Mayo

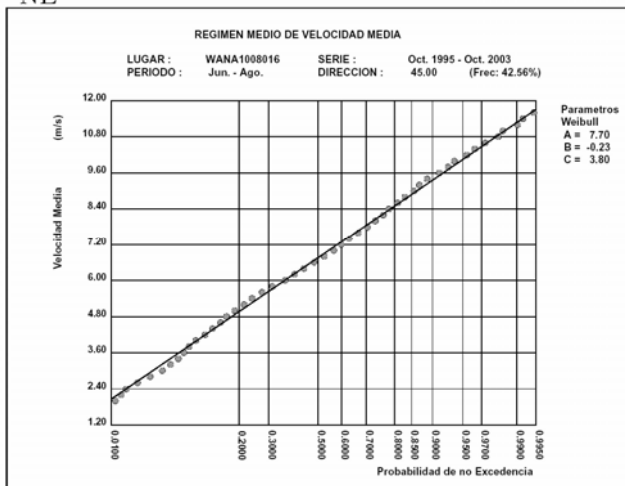
N



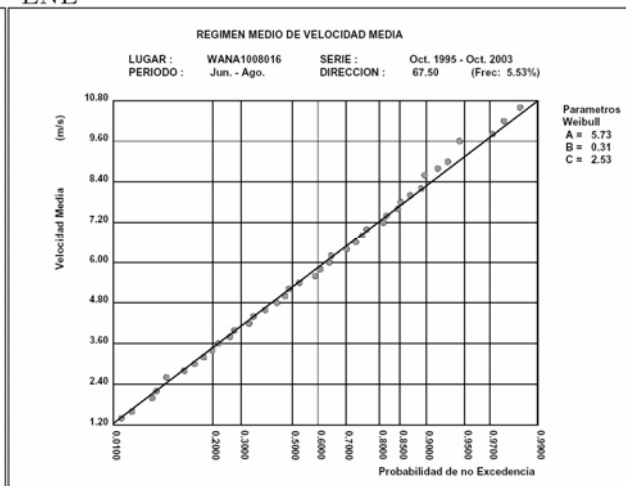
NNE



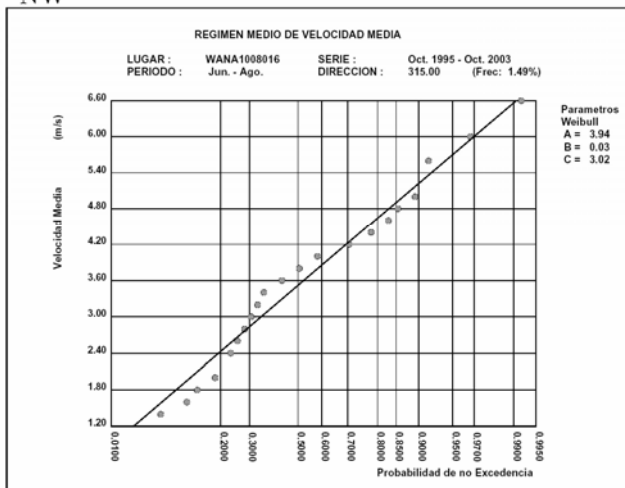
NE



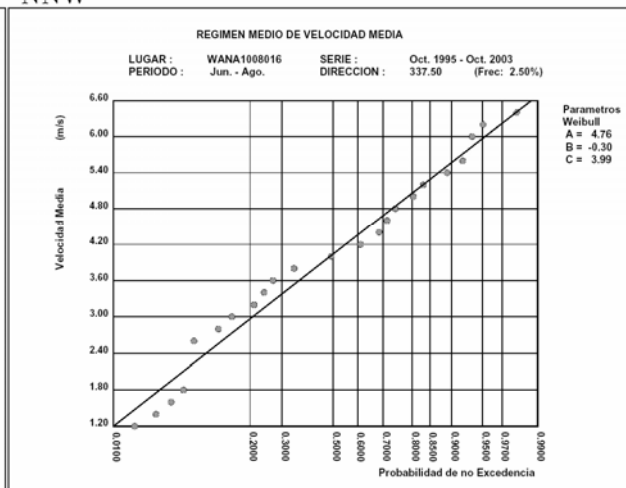
ENE



NW



NNW



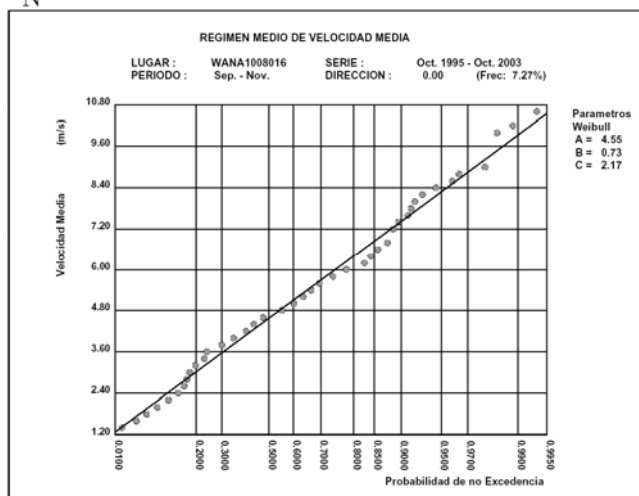
Junio – Agosto

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

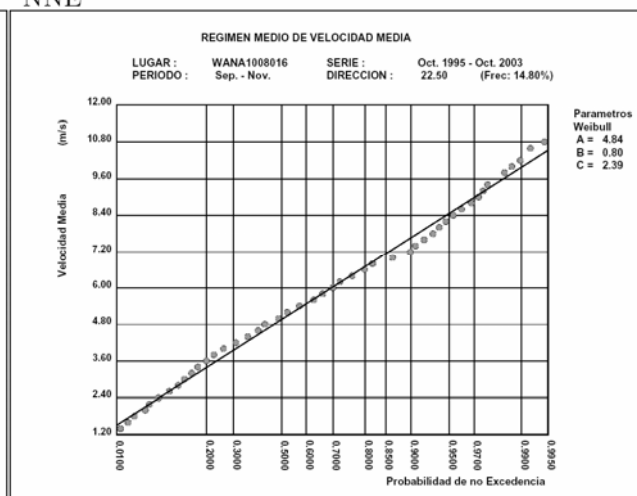
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



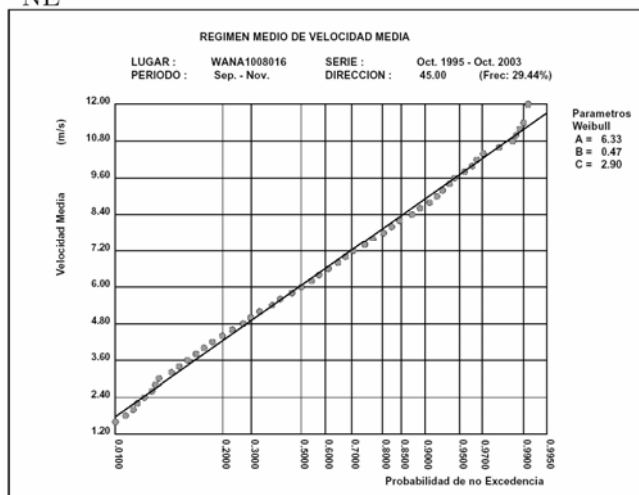
N



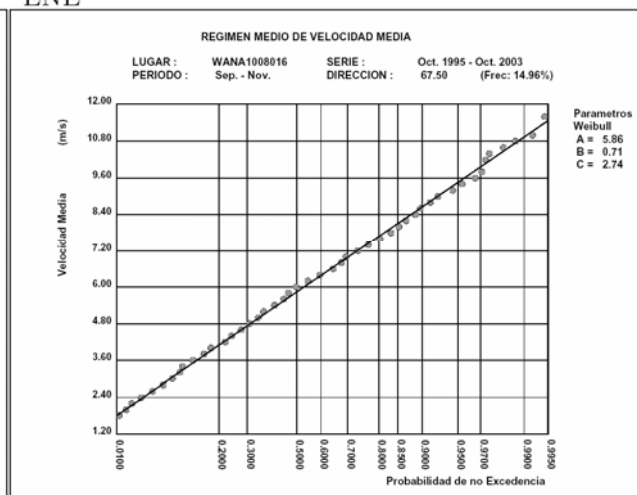
NNE



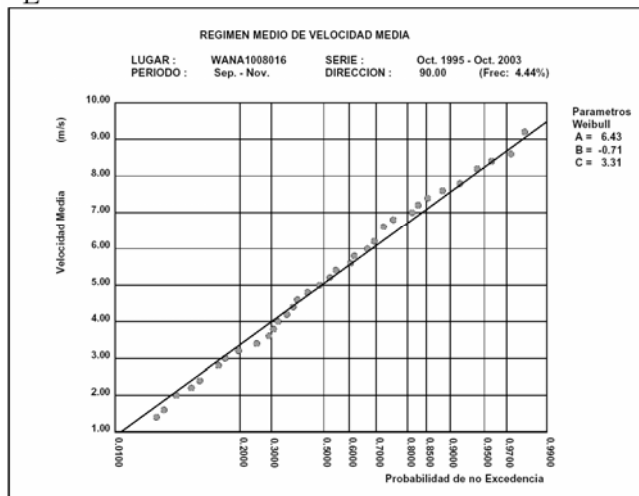
NE



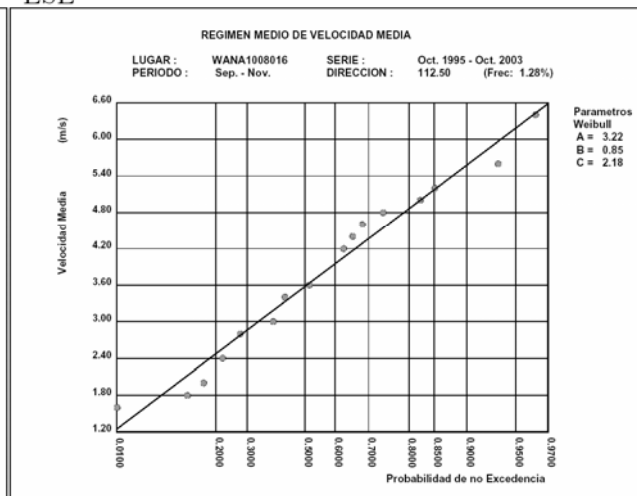
ENE



E



ESE

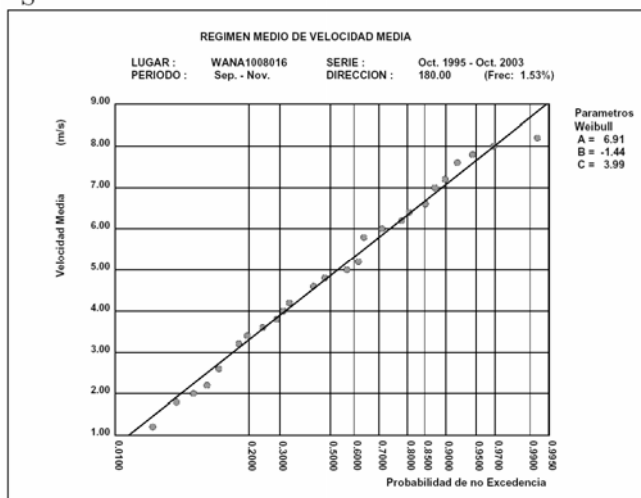


ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

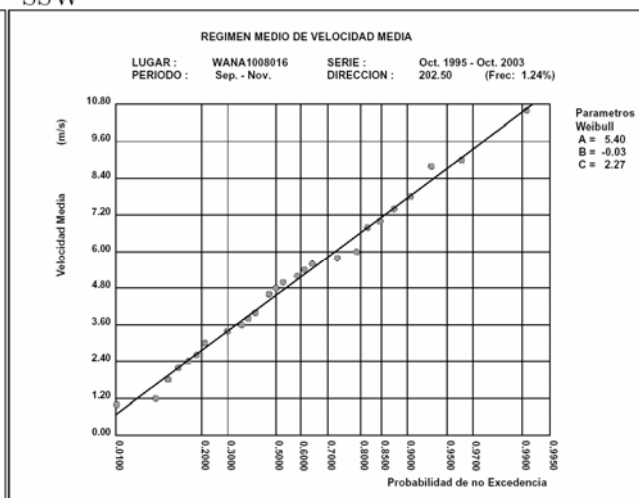
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



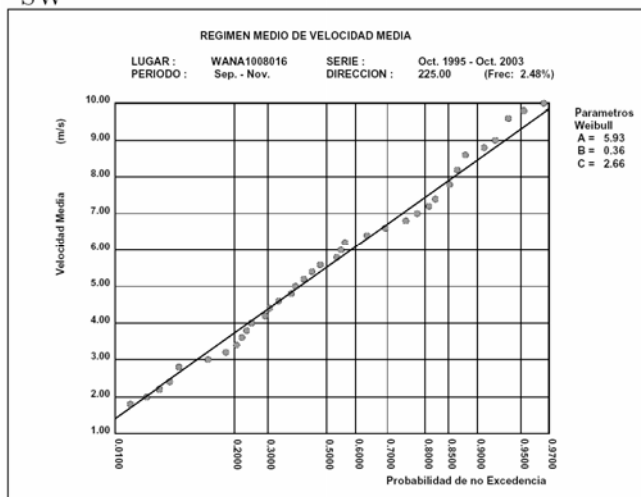
S



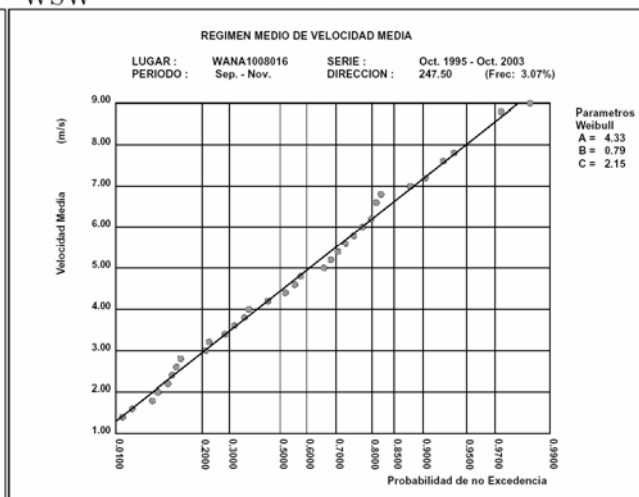
SSW



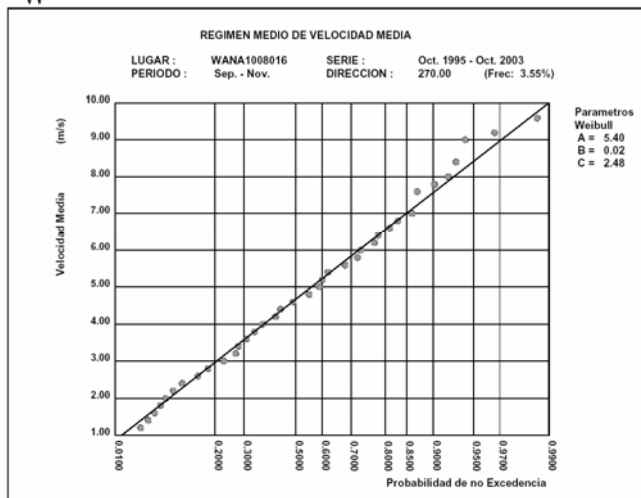
SW



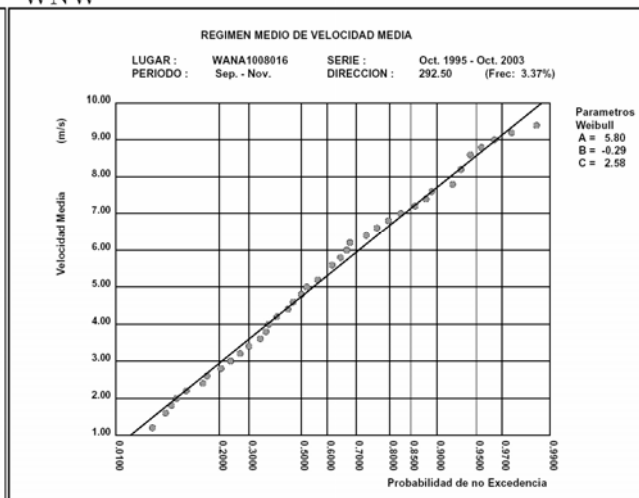
WSW

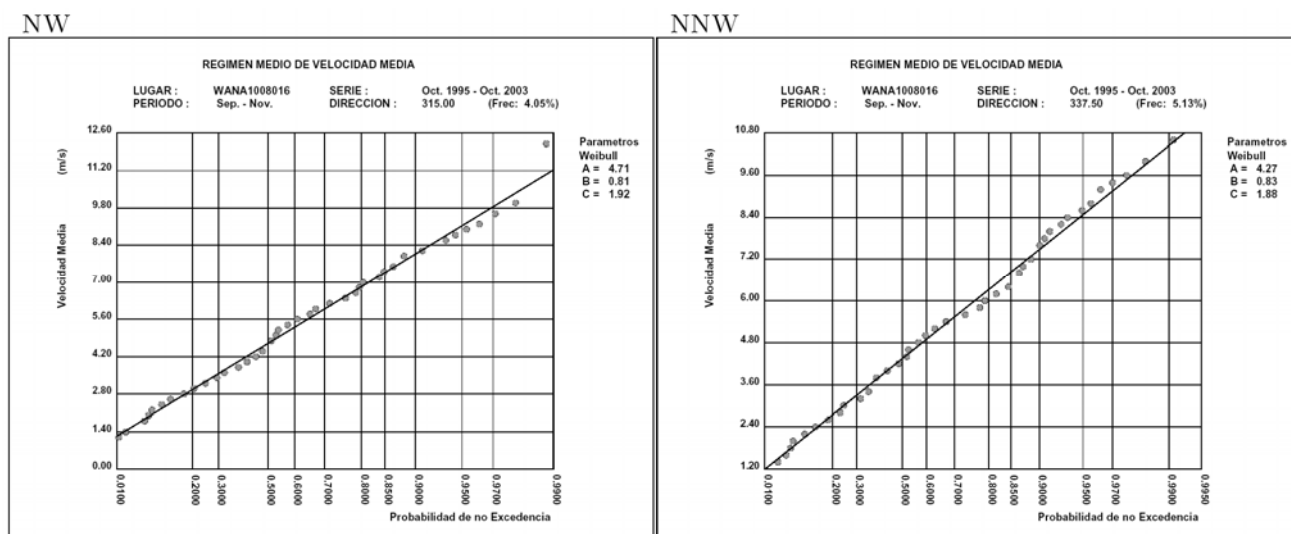


W



WNW





Septiembre – Noviembre

Figura 150 .- Regímenes medios direccionales estacionales

3.2.6.2. Punto Wana 1008014

3.2.6.2.1. Regímenes escalares

3.2.6.2.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 151 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

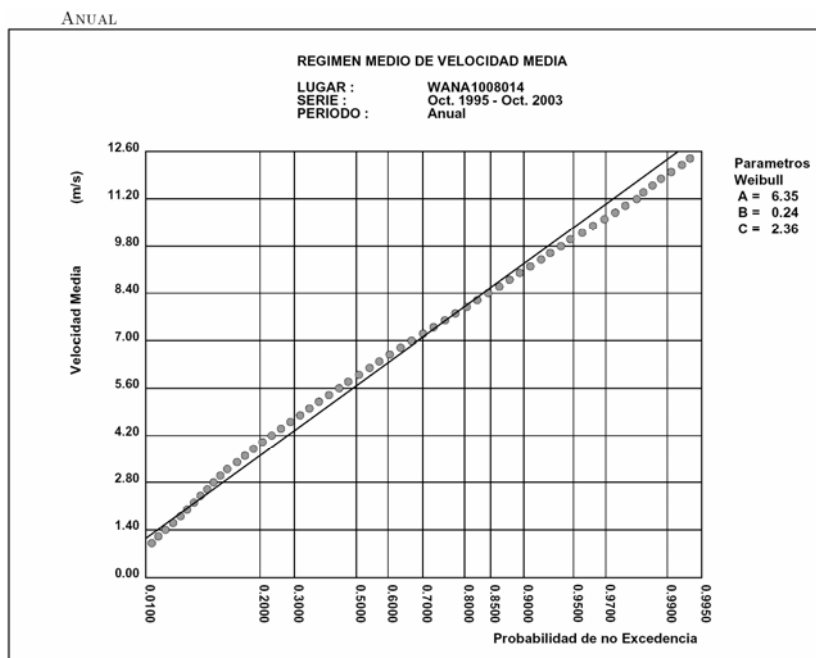


Figura 151 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.24}{6.35}\right)^{2.36}\right) \quad [3-7]$$

3.2.6.2.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

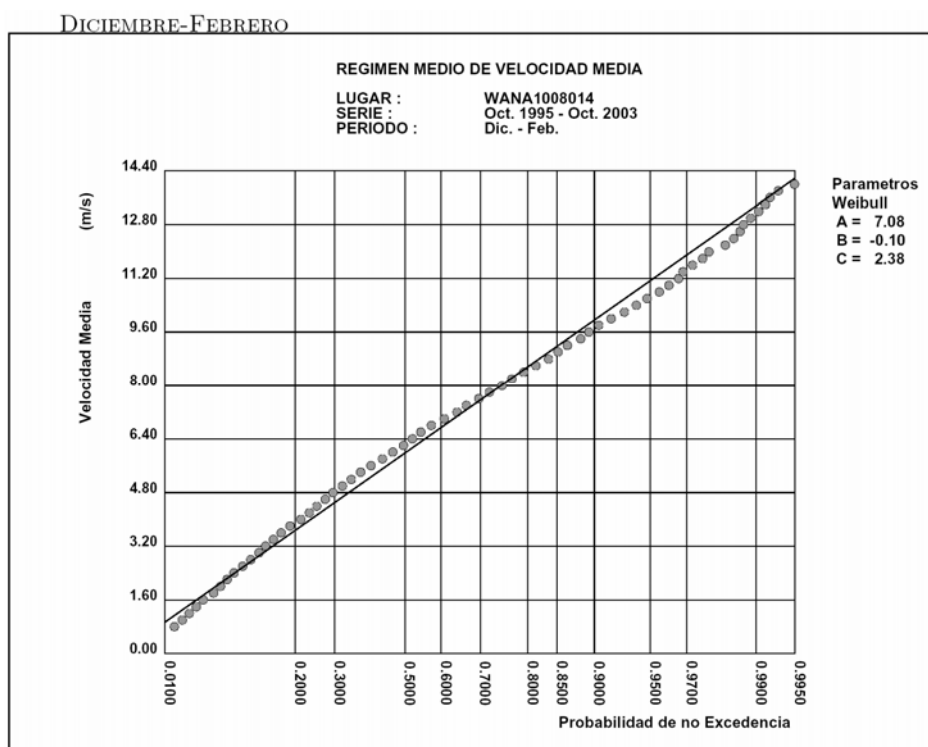


Figura 152 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

MARZO-MAYO

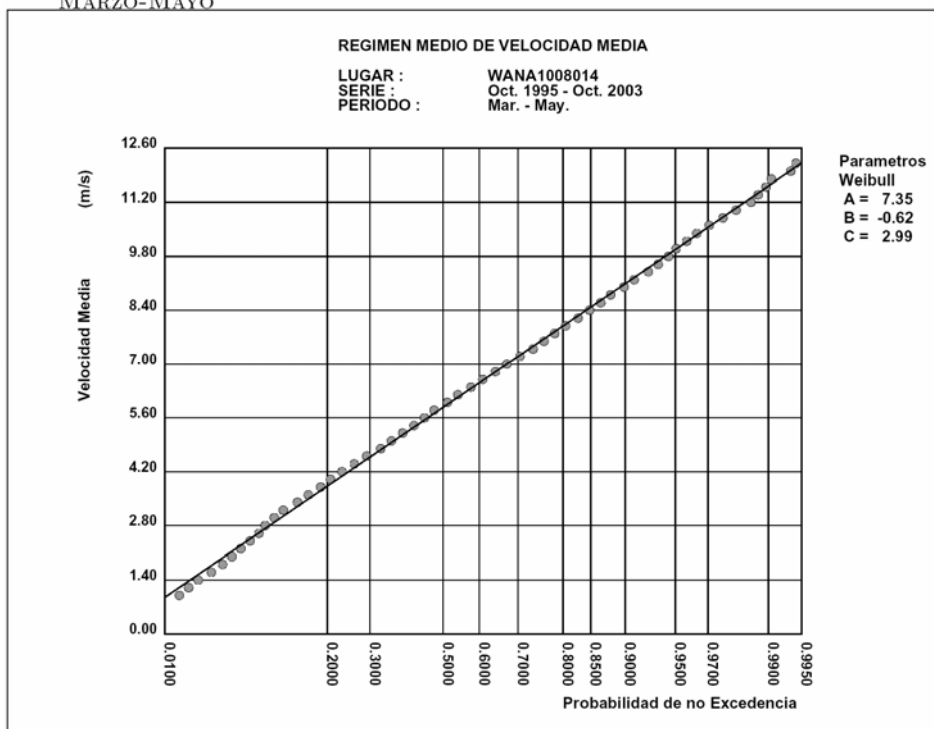


Figura 153 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

JUNIO-AGOSTO

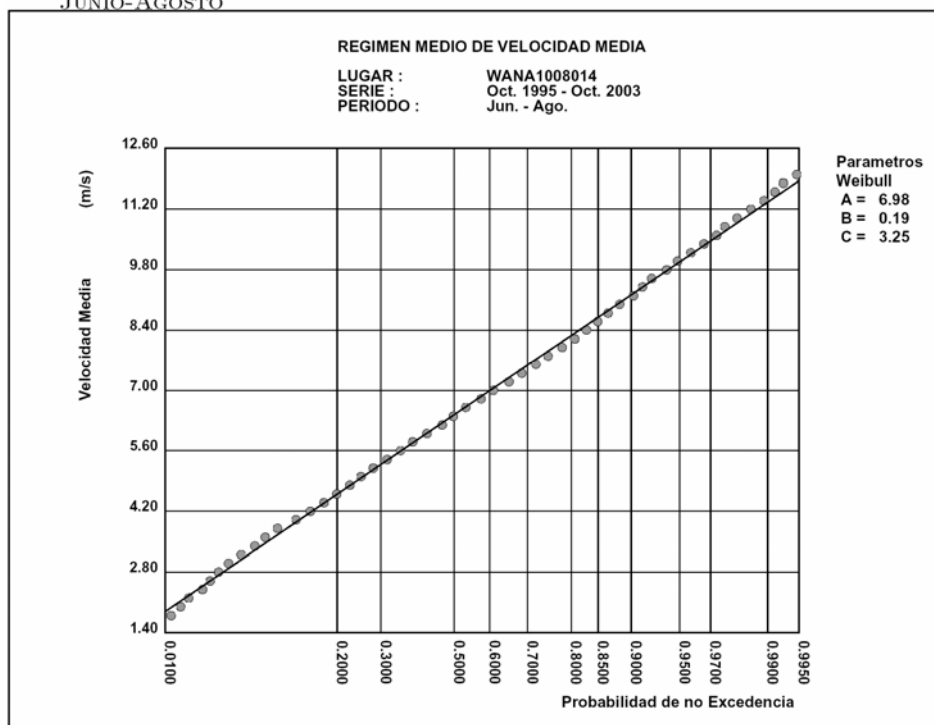


Figura 154 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (junio - agosto)

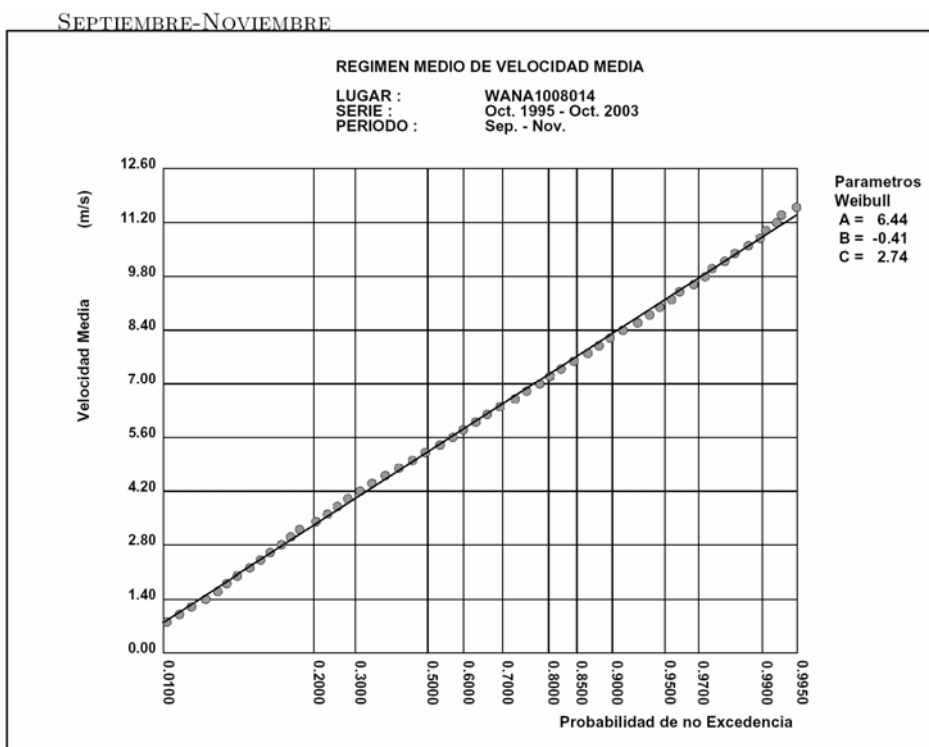


Figura 155 .- Punto WANA 1008014. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.6.2.2. Regímenes direccionales

3.2.6.2.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 156 muestra la rosa de viento anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

De la Figura 157 a la Figura 159 se muestran gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

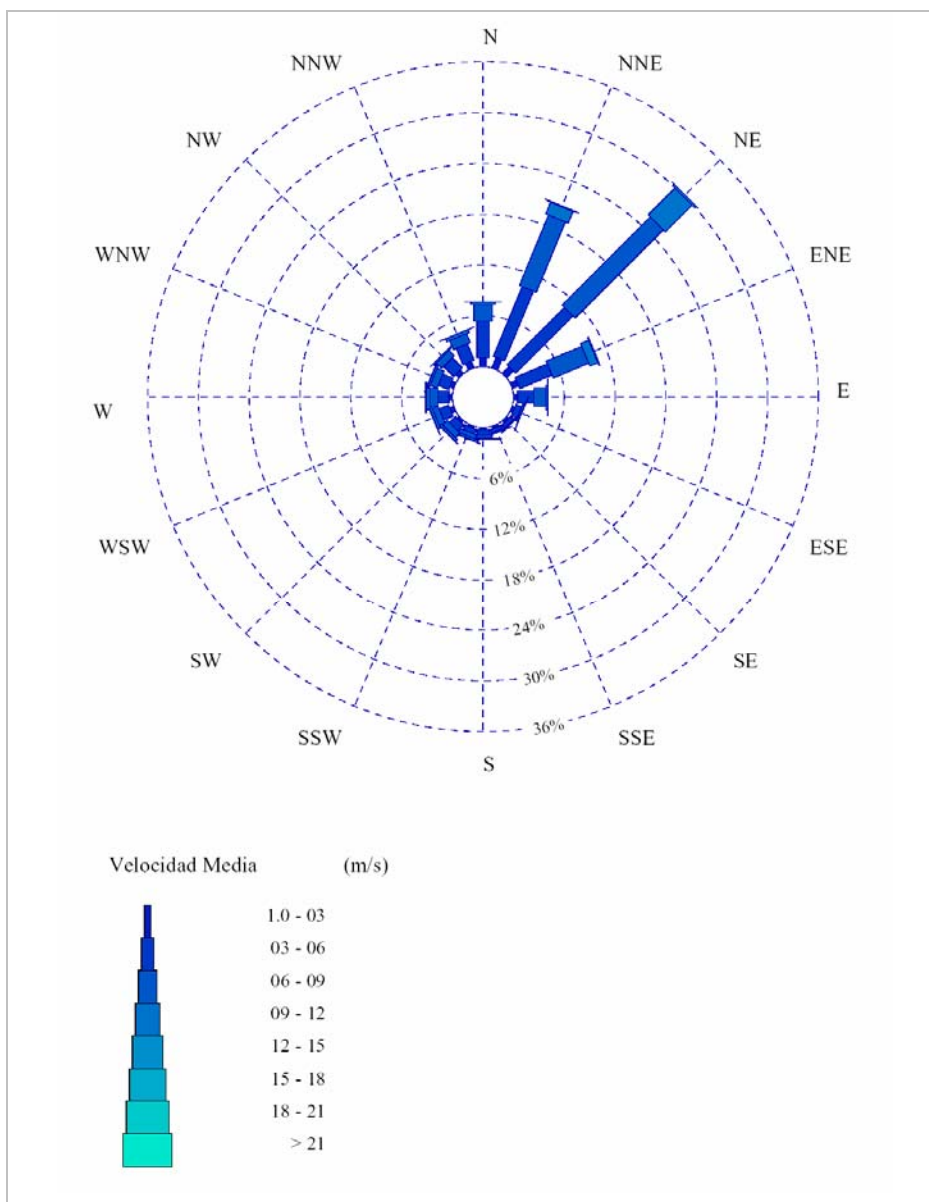


Figura 156 .- Rosa de viento anual en el punto WANA 1008014

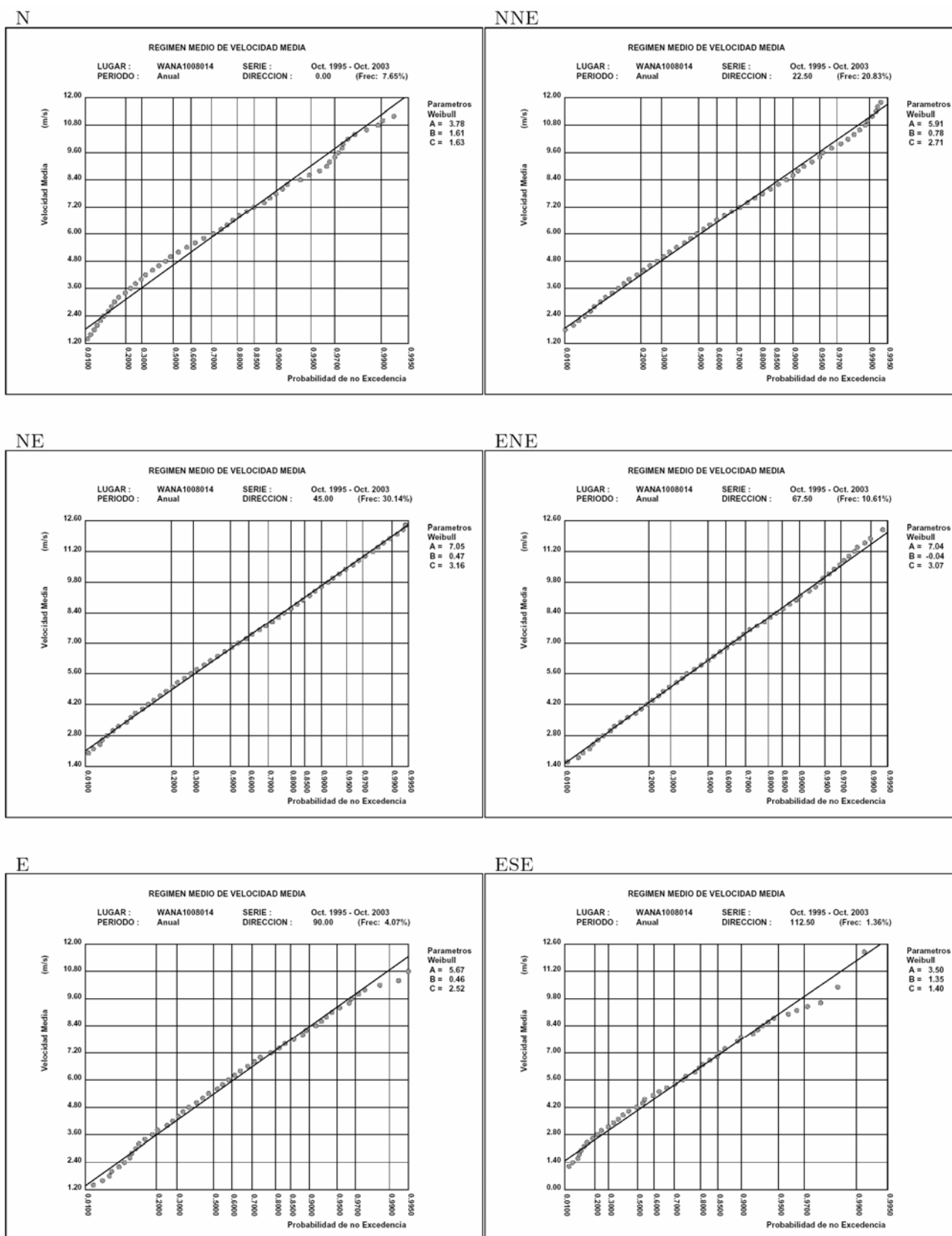
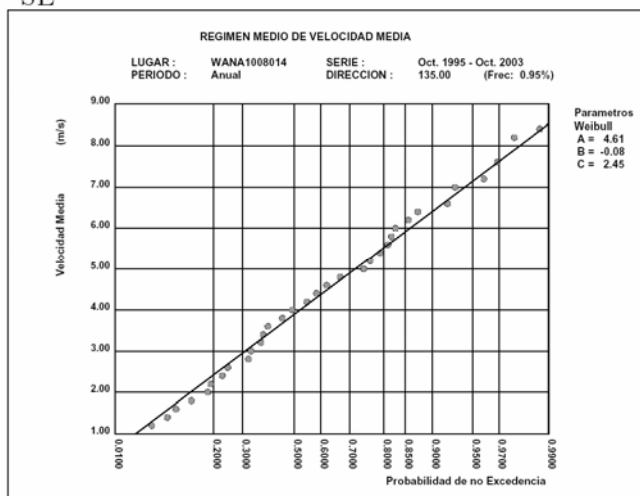
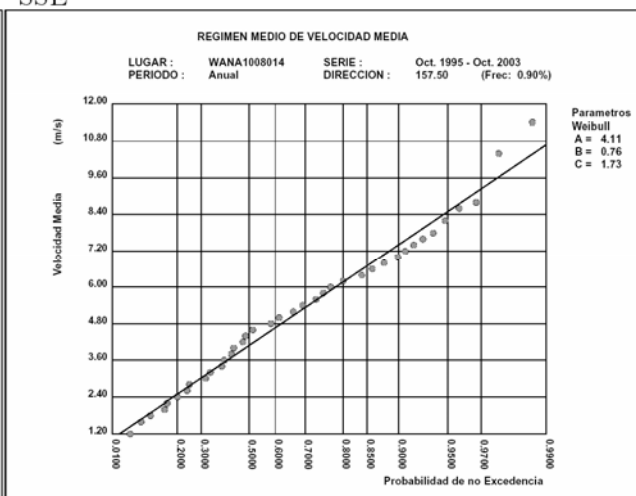


Figura 157 .- Regímenes medios direccionales anuales /1

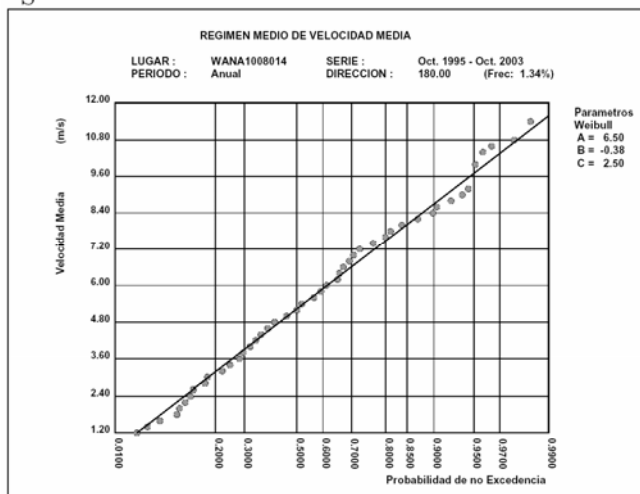
SE



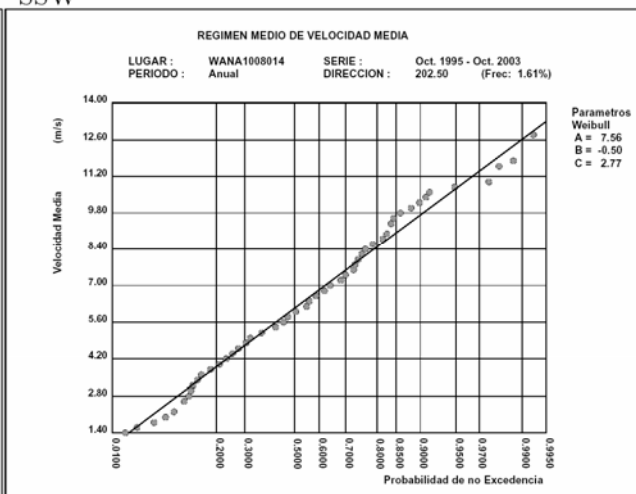
SSE



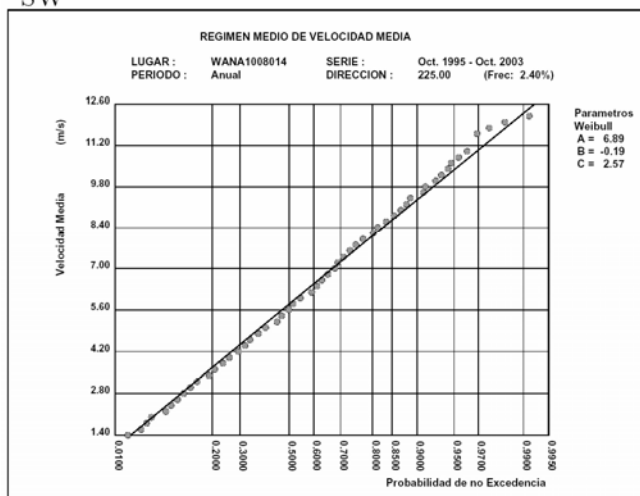
S



SSW



SW



WSW

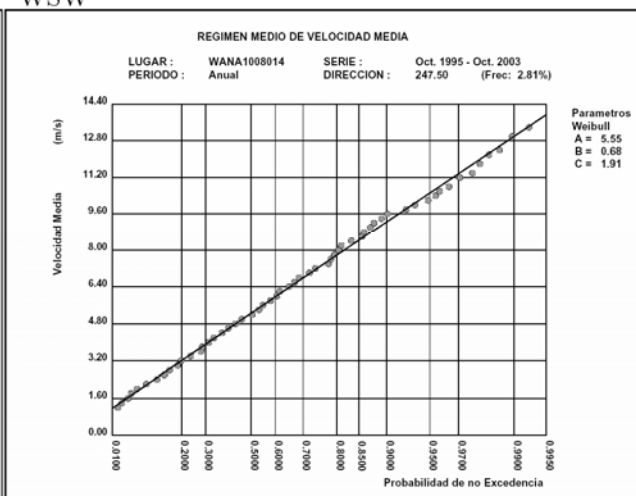


Figura 158 .- Regímenes medios direccionales anuales /2

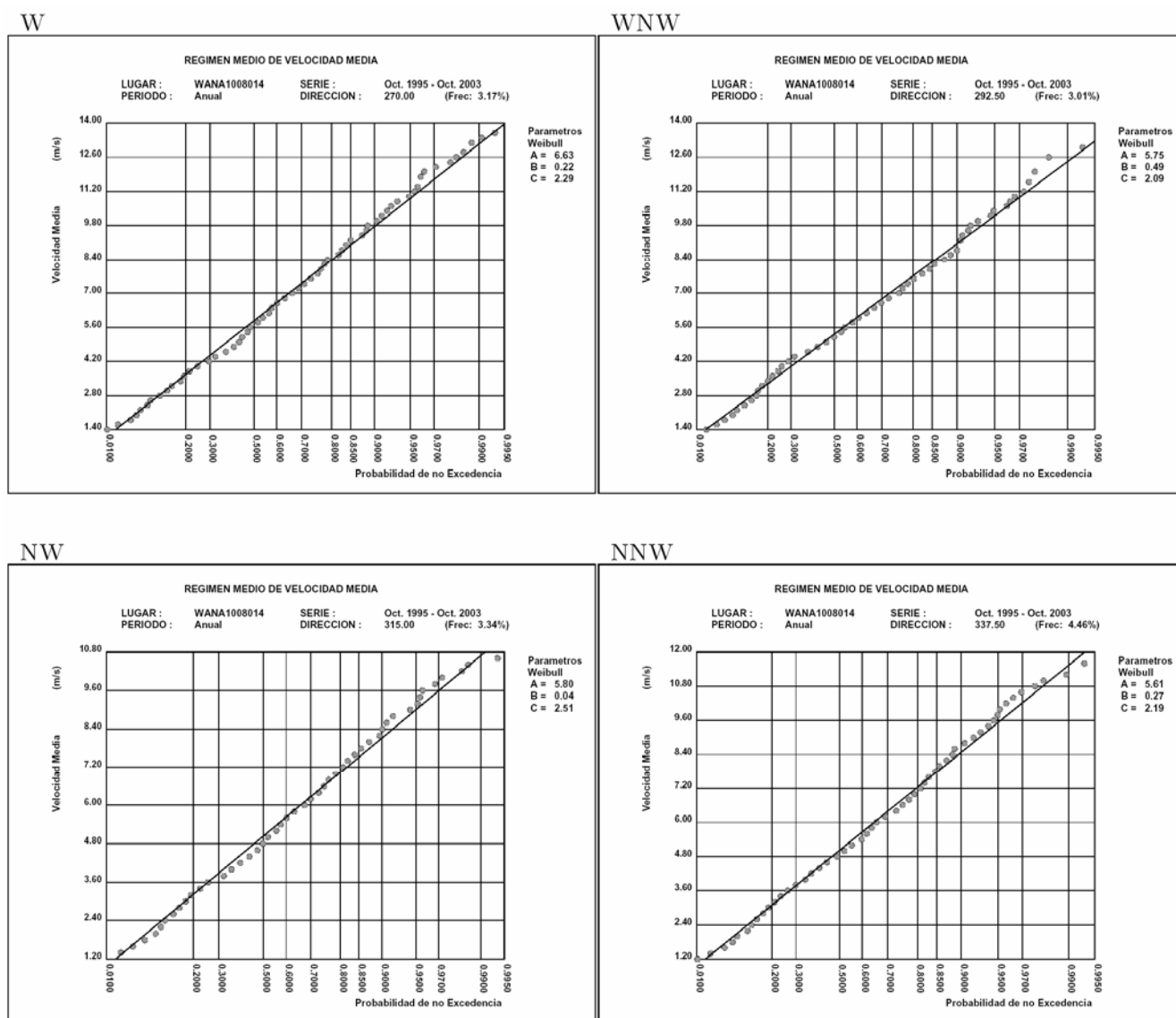


Figura 159 .- Regímenes medios direccionales anuales /3

3.2.6.2.2.2. Regímenes medios direccionales estacionales

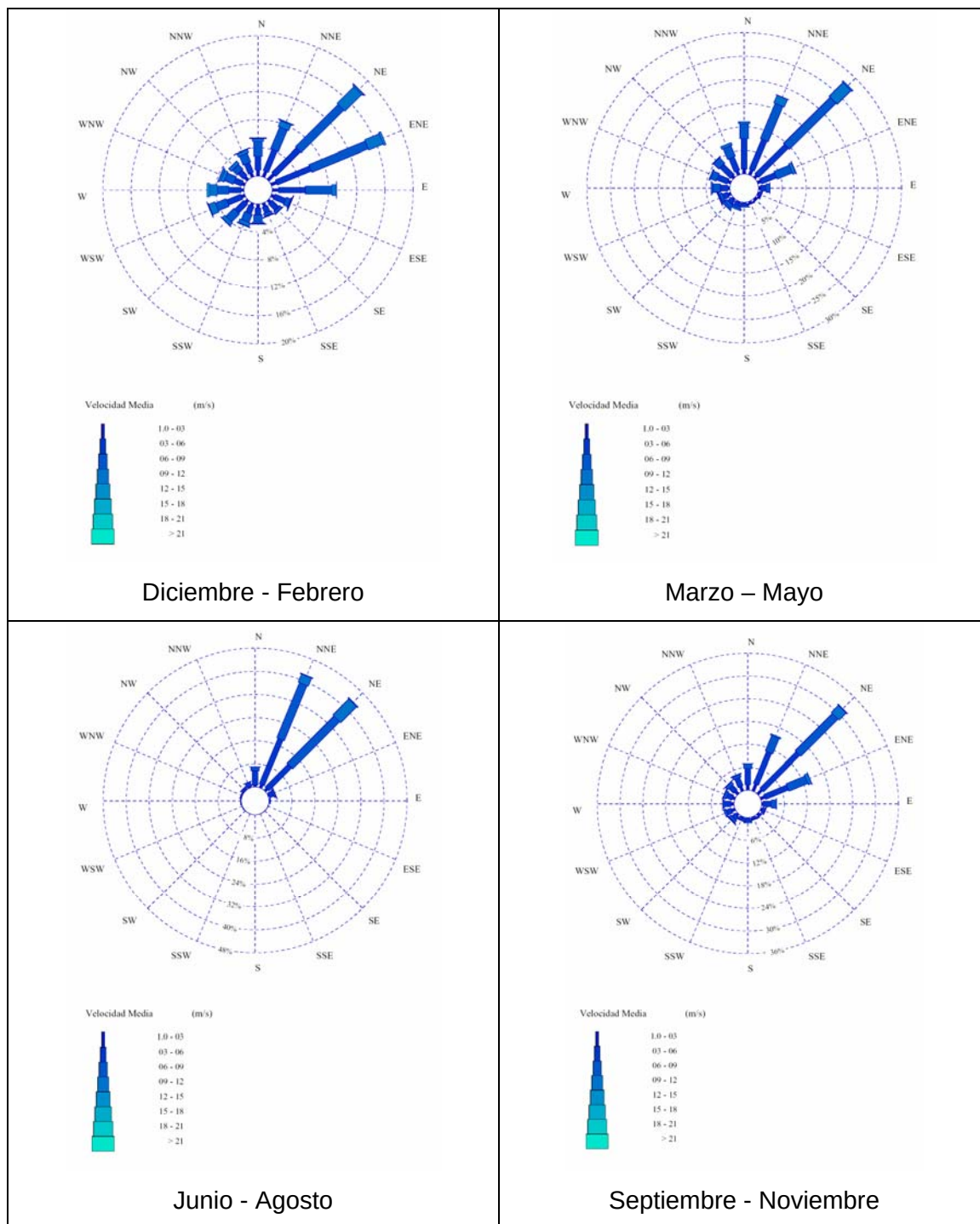
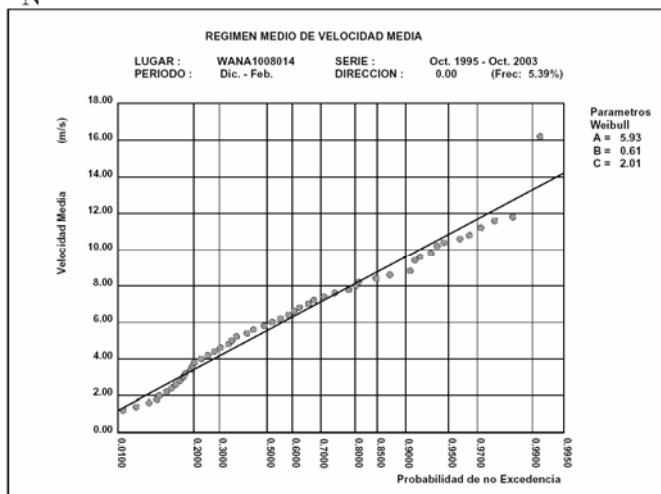


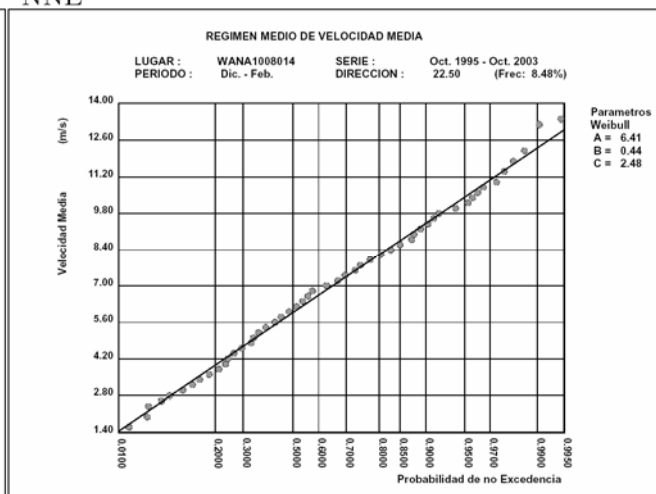
Figura 160 .- Rosas de viento estacionales en el punto WANA 1008014

En la Figura 161 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.

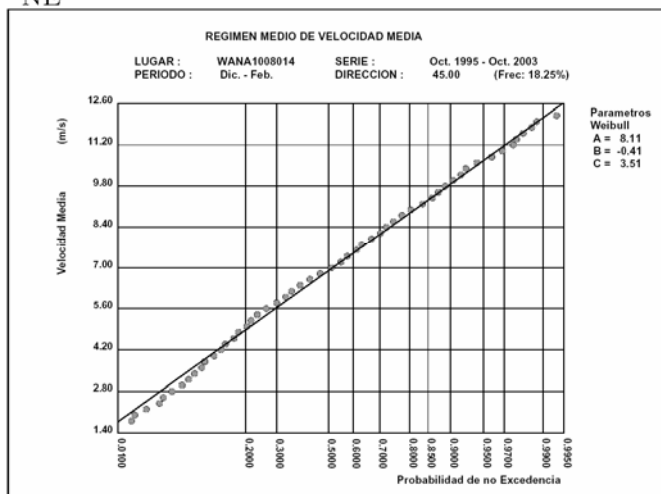
N



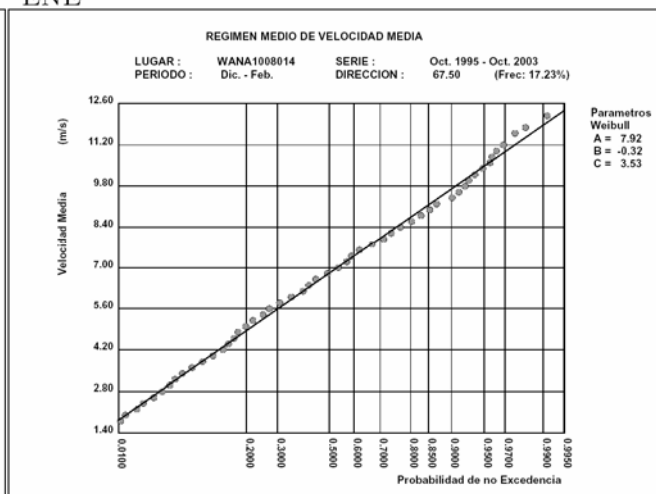
NNE



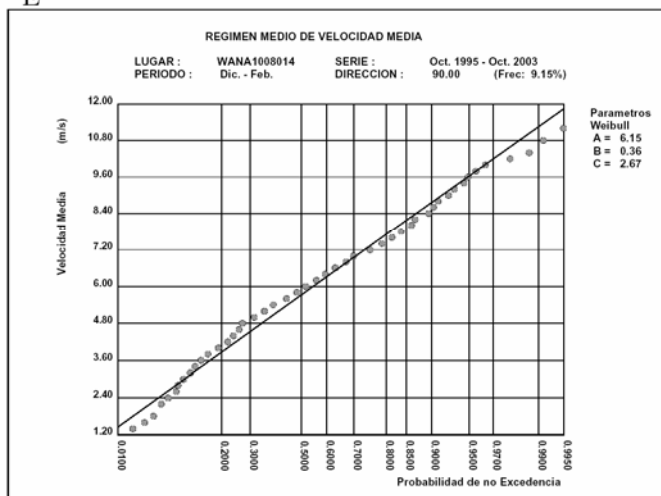
NE



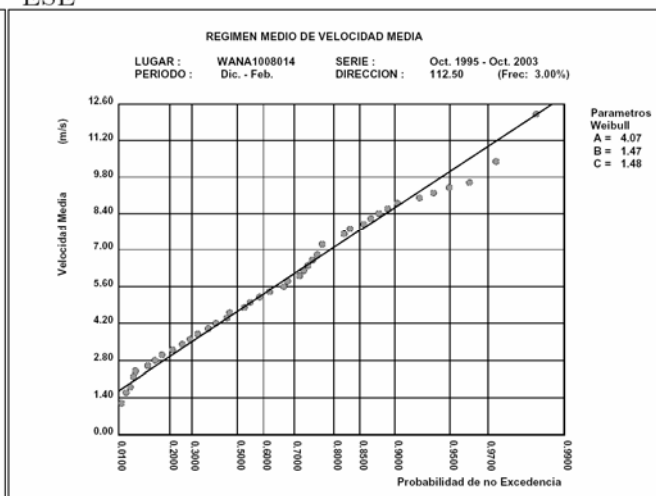
ENE



E



ESE

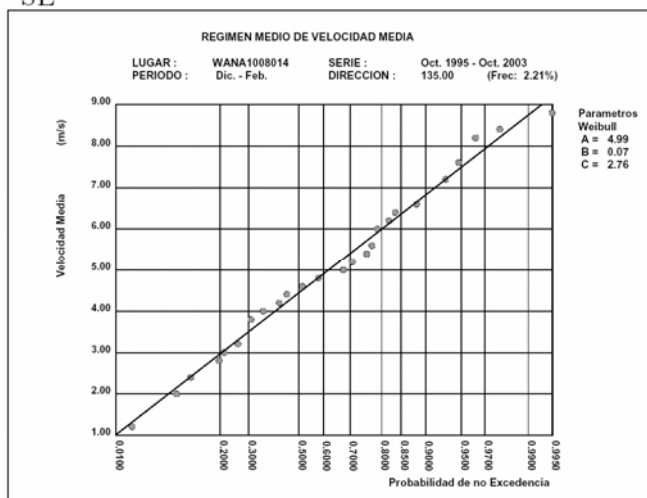


ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

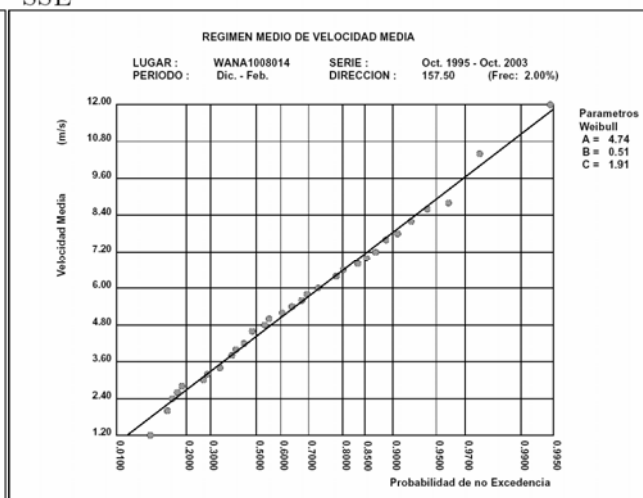
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



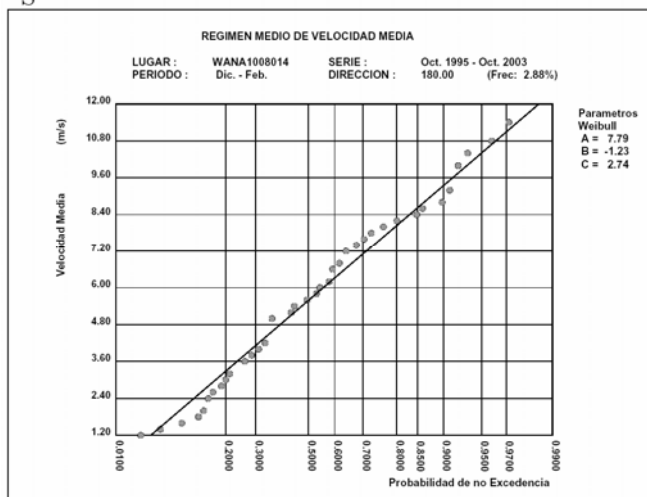
SE



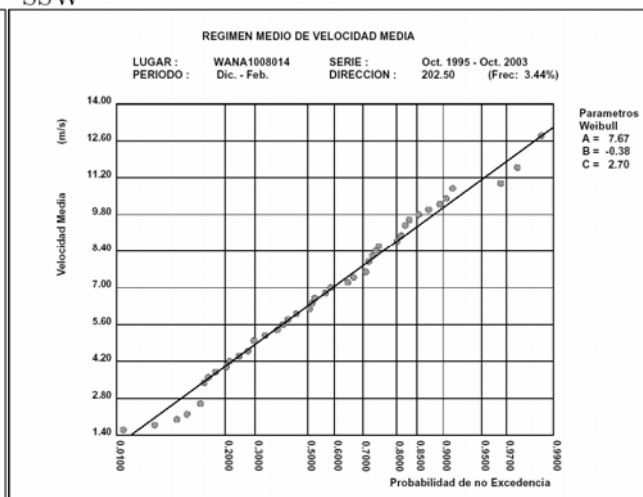
SSE



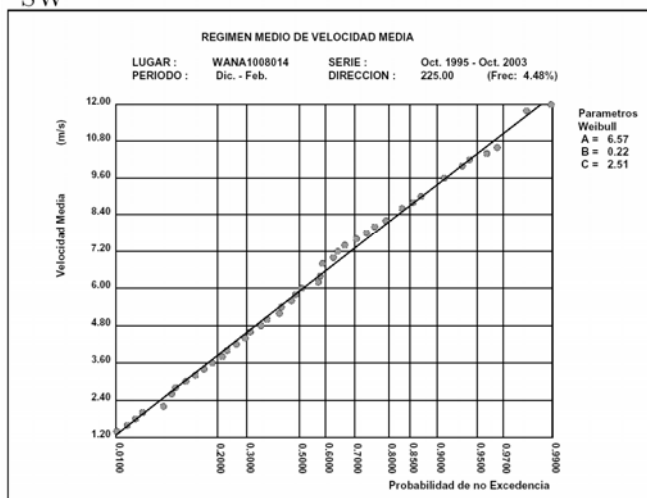
S



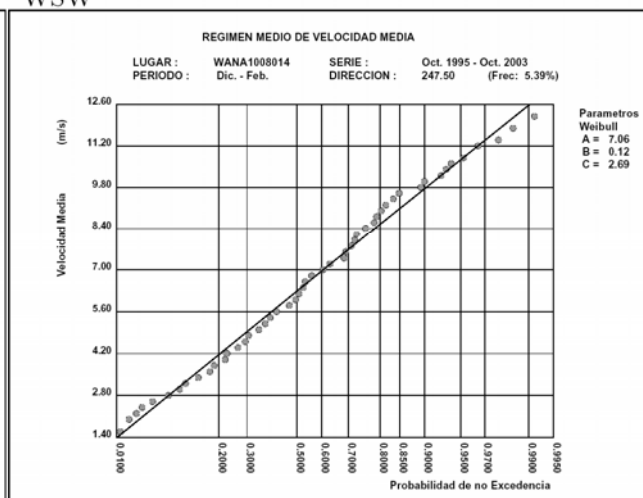
SSW



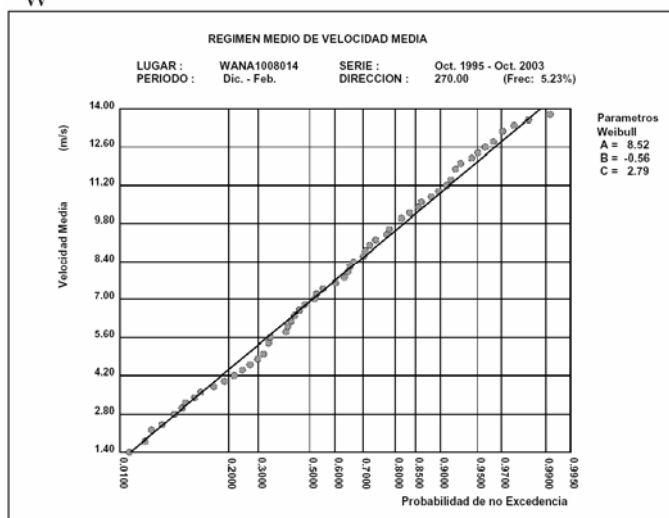
SW



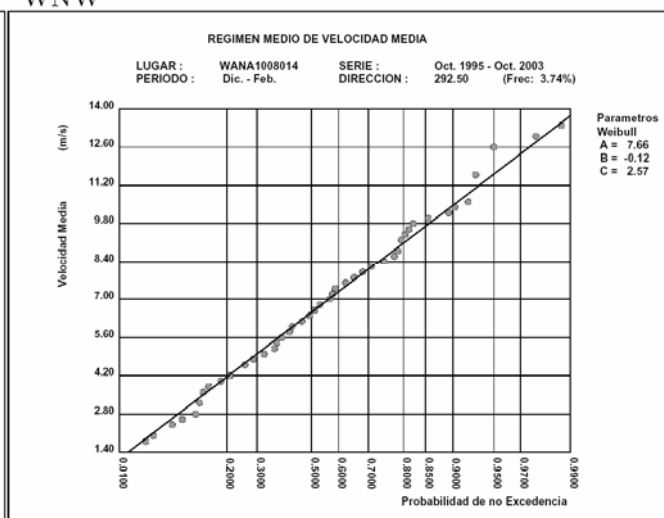
WSW



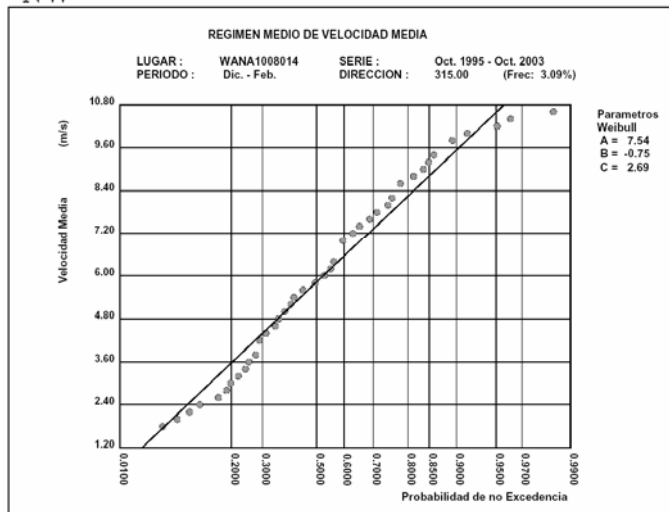
W



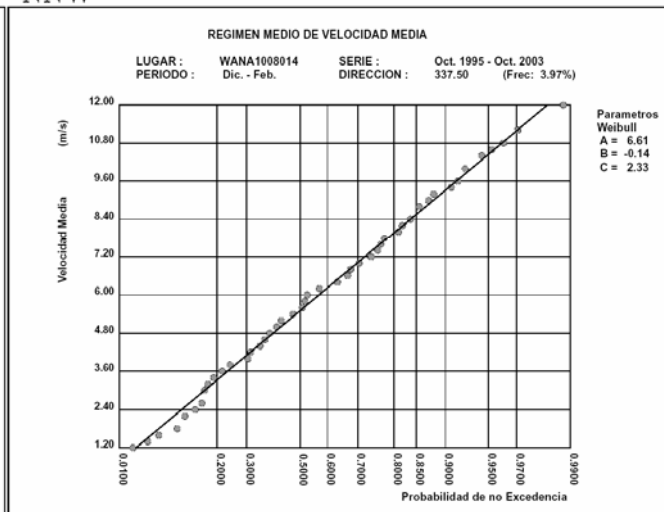
WNW



NW

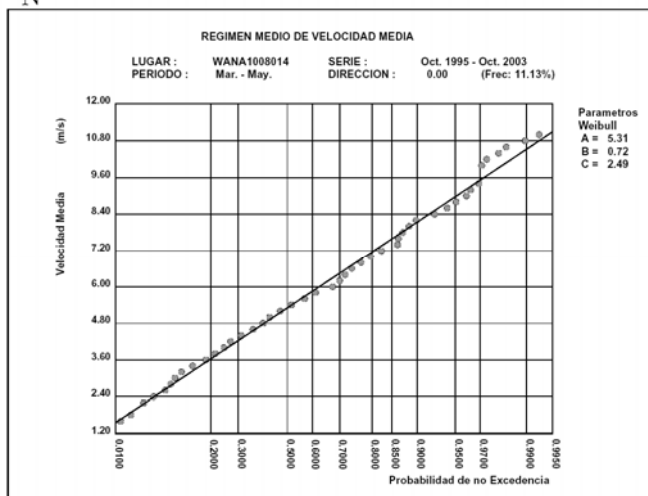


NNW

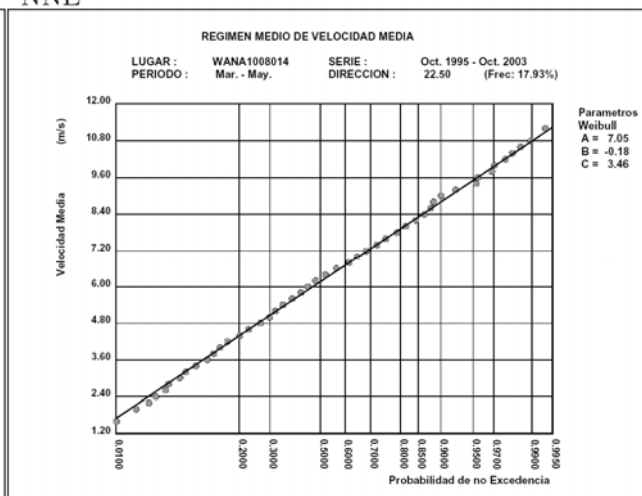


Diciembre - Febrero

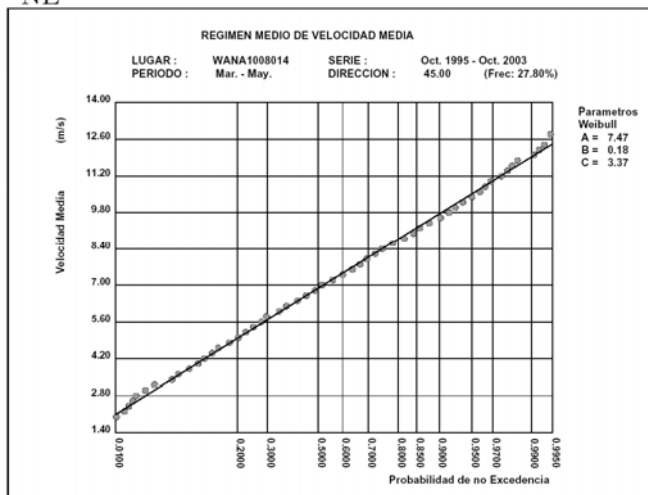
N



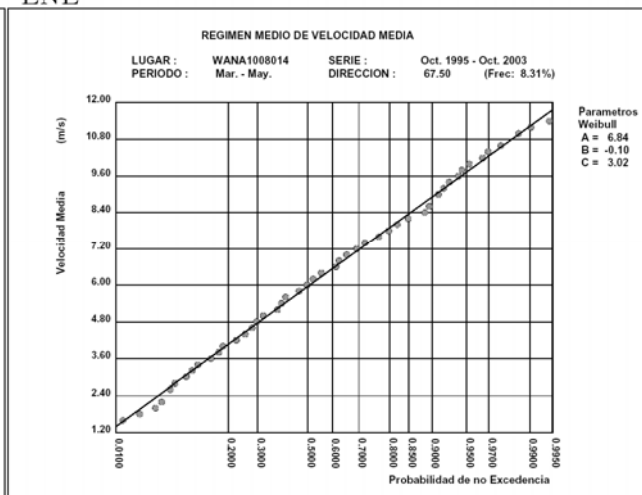
NNE



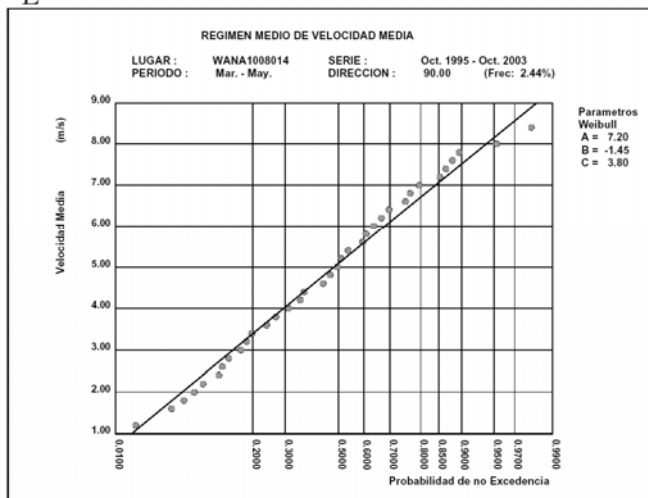
NE



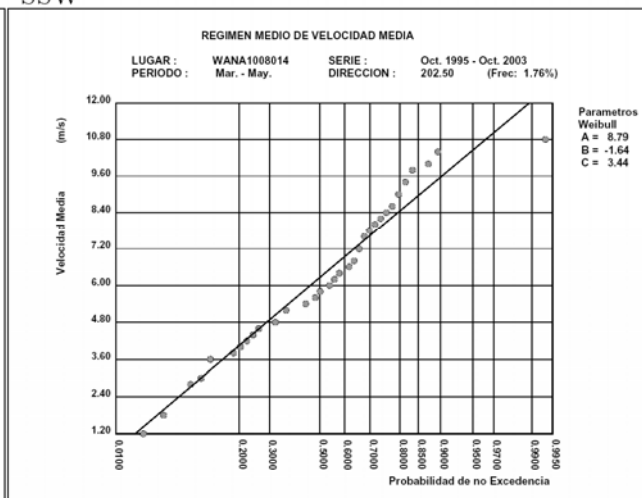
ENE



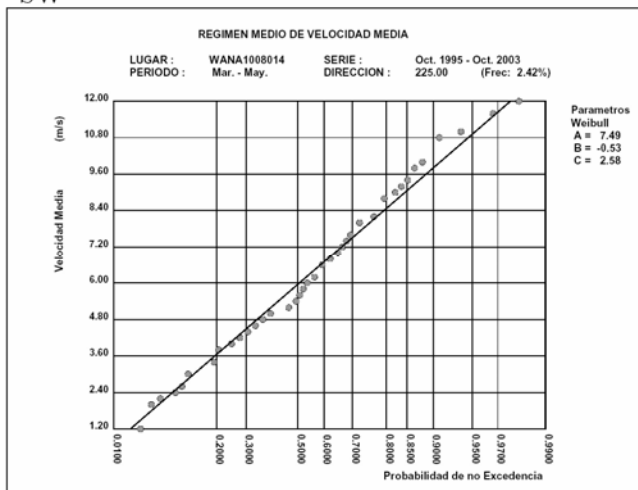
E



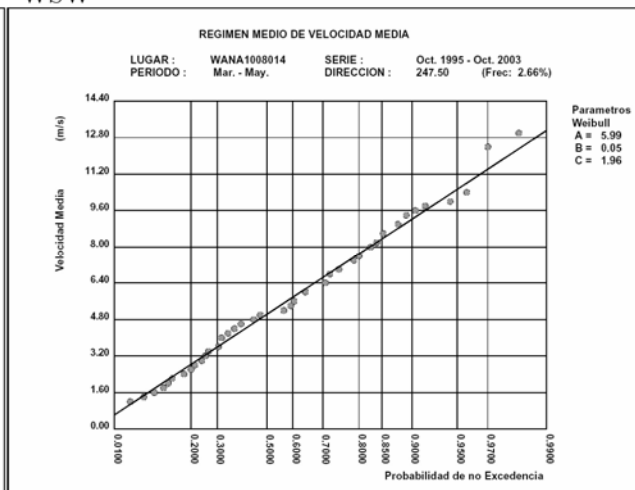
SSW



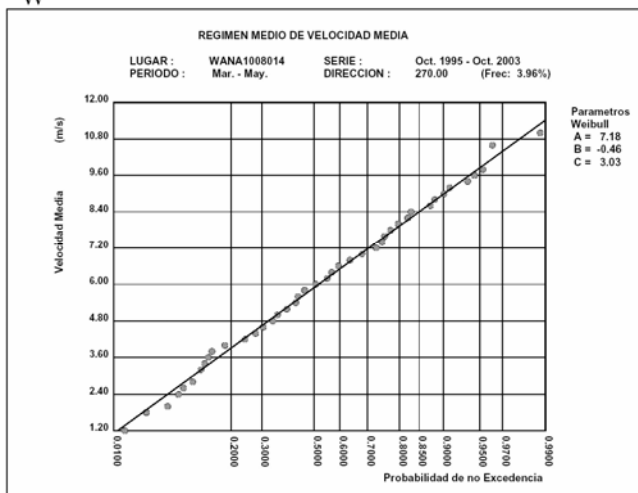
SW



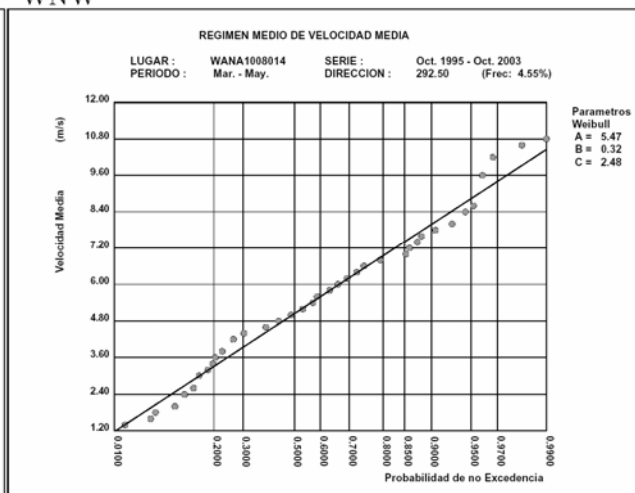
WSW



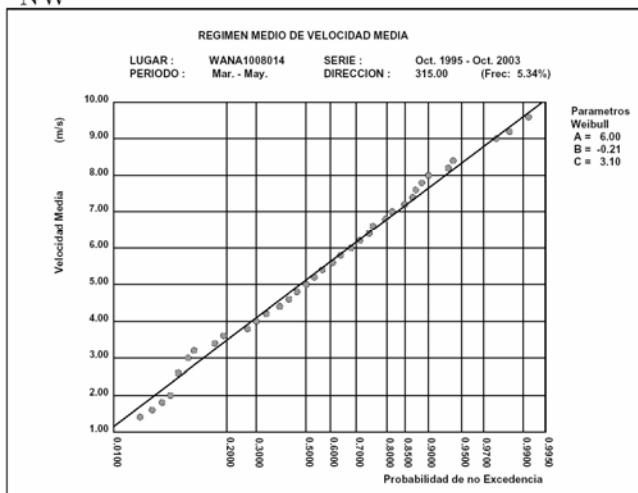
W



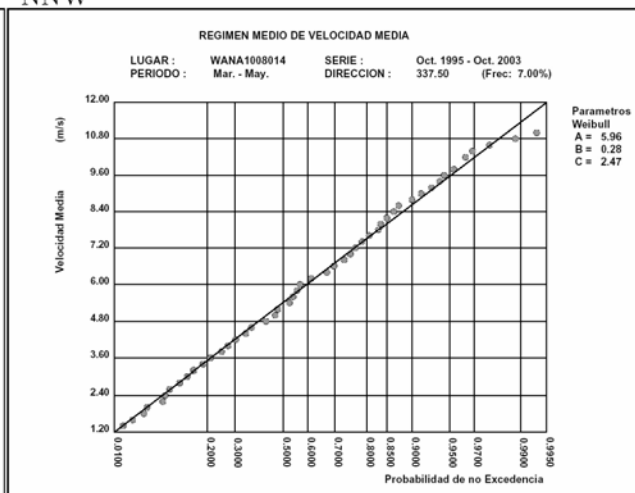
WNW



NW



NNW

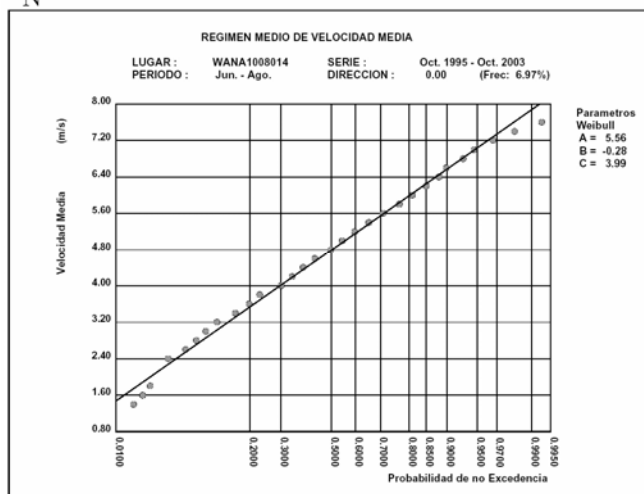


Marzo - Mayo

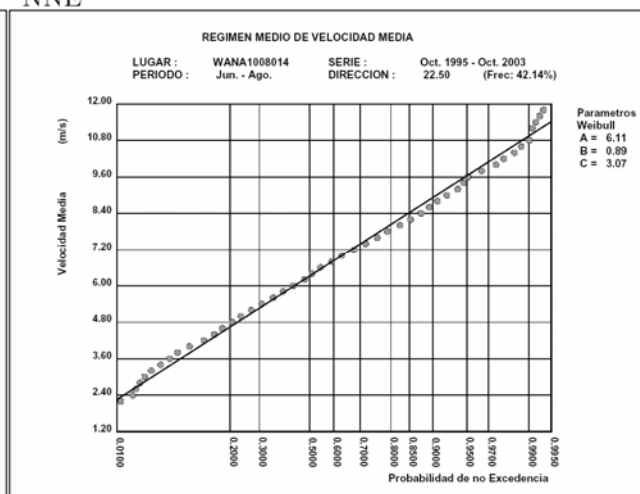
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

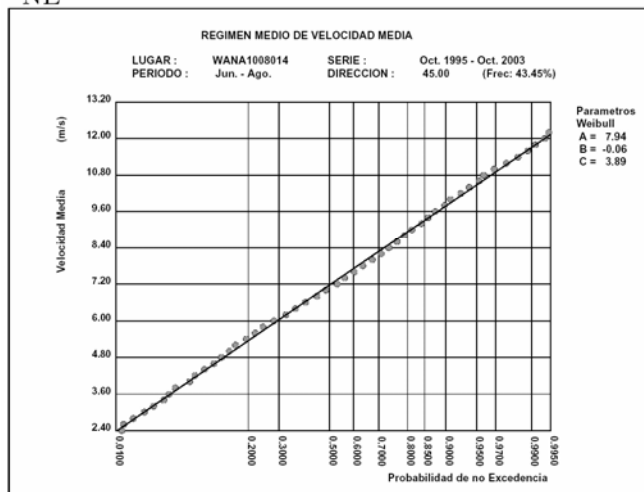
N



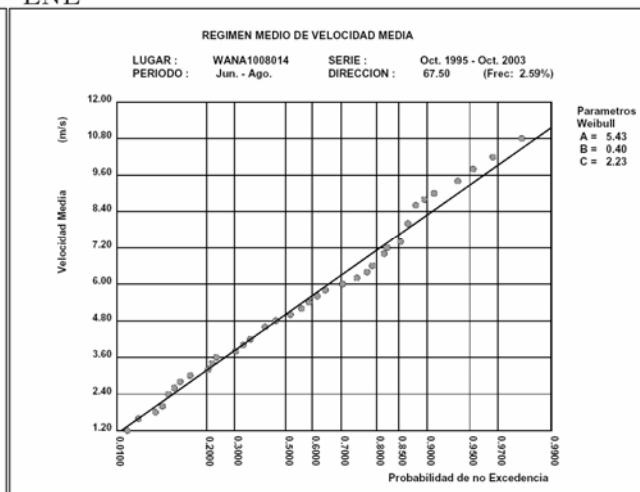
NNE



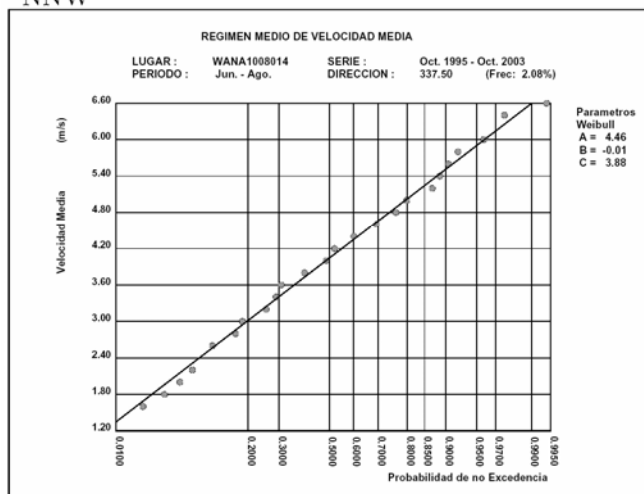
NE



ENE



NNW

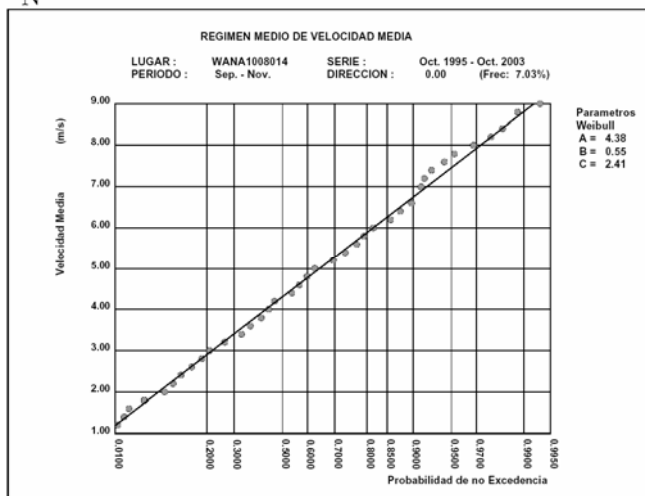


Junio – Agosto

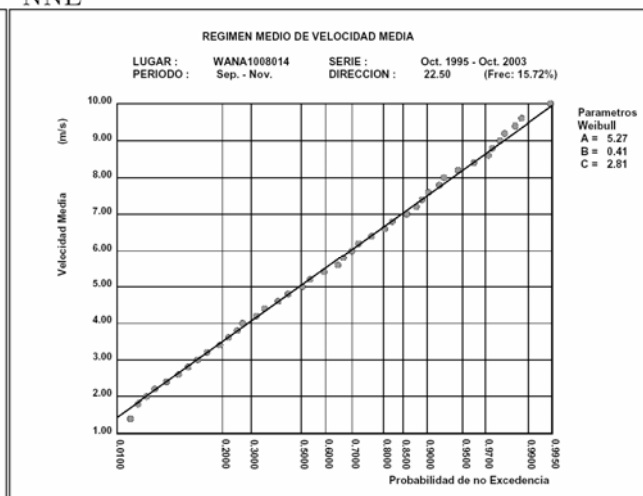
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA



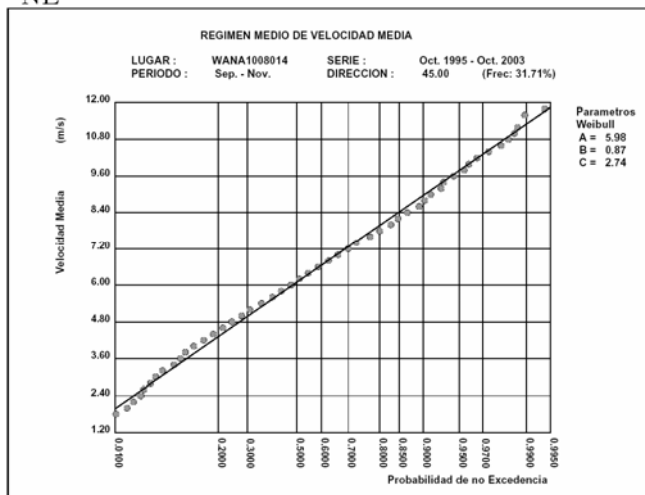
N



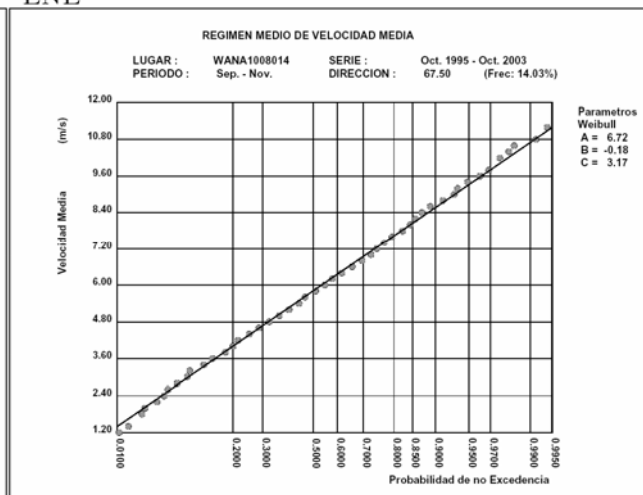
NNE



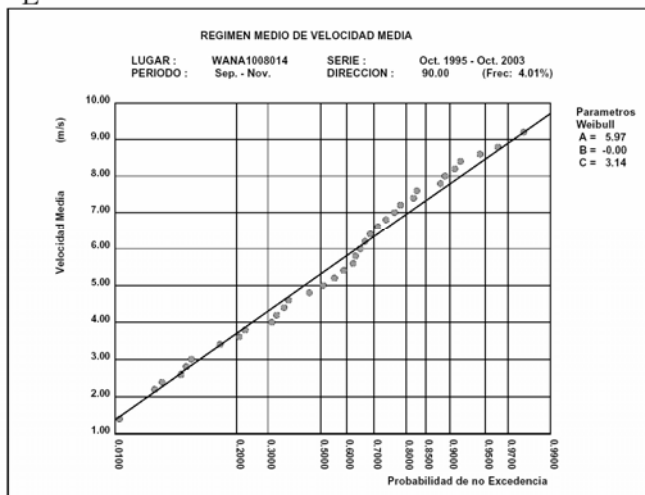
NE



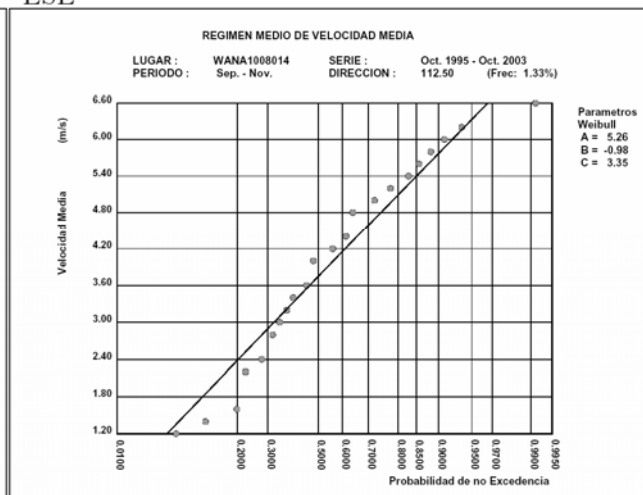
ENE



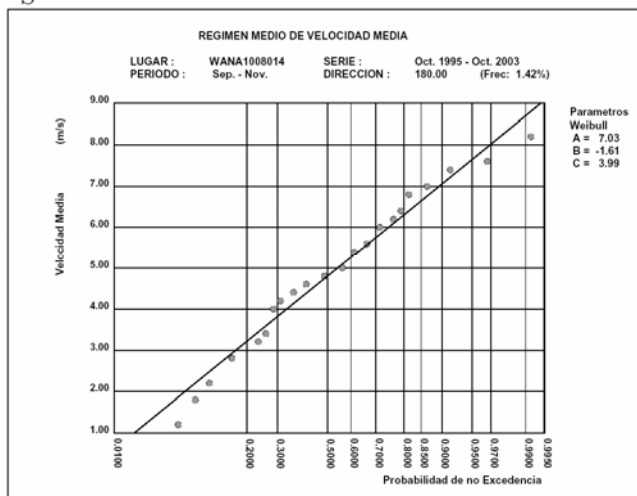
E



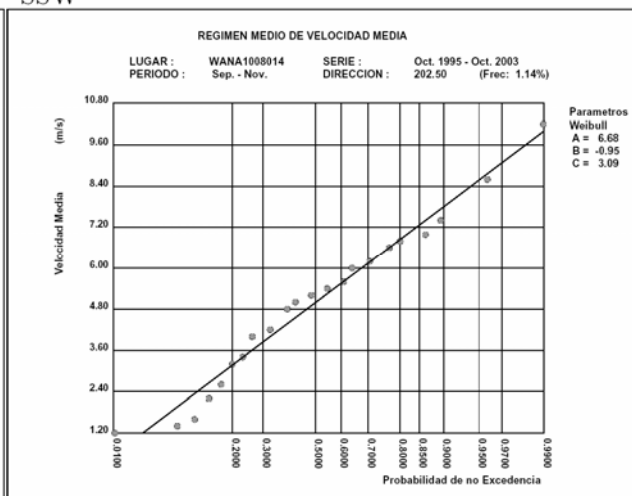
ESE



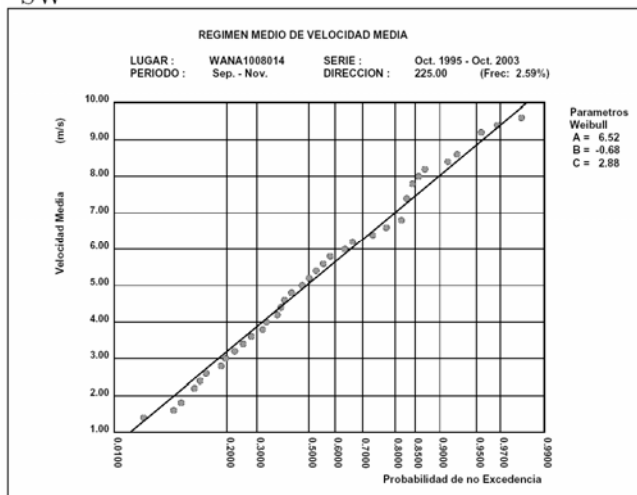
S



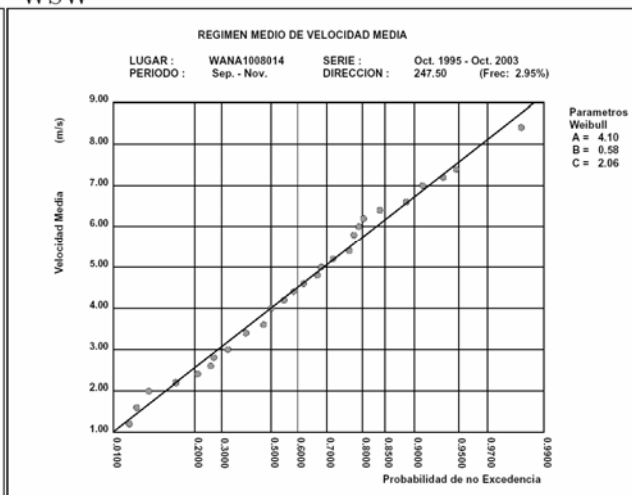
SSW



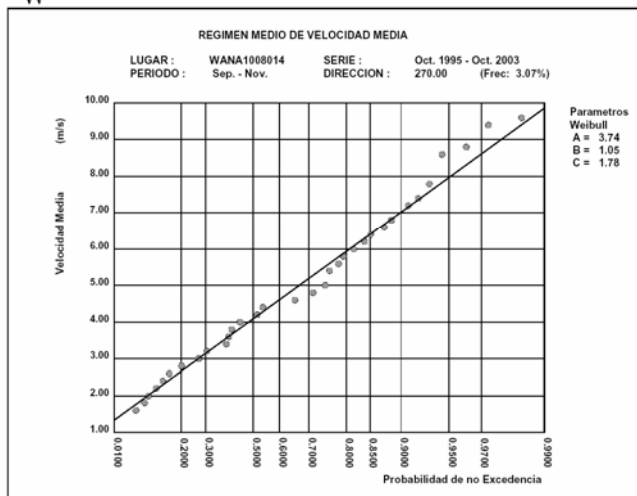
SW



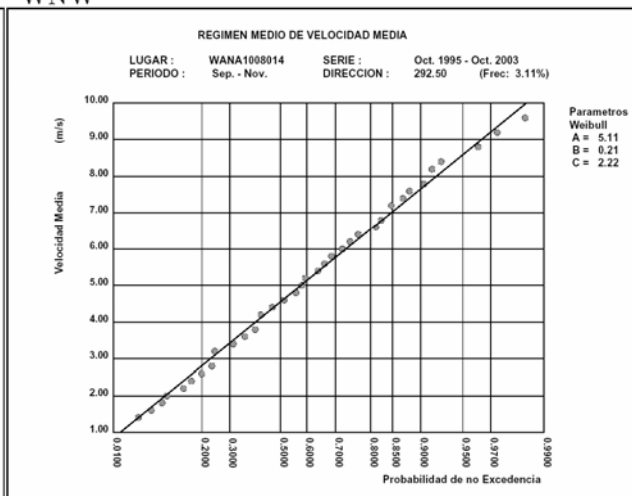
WSW

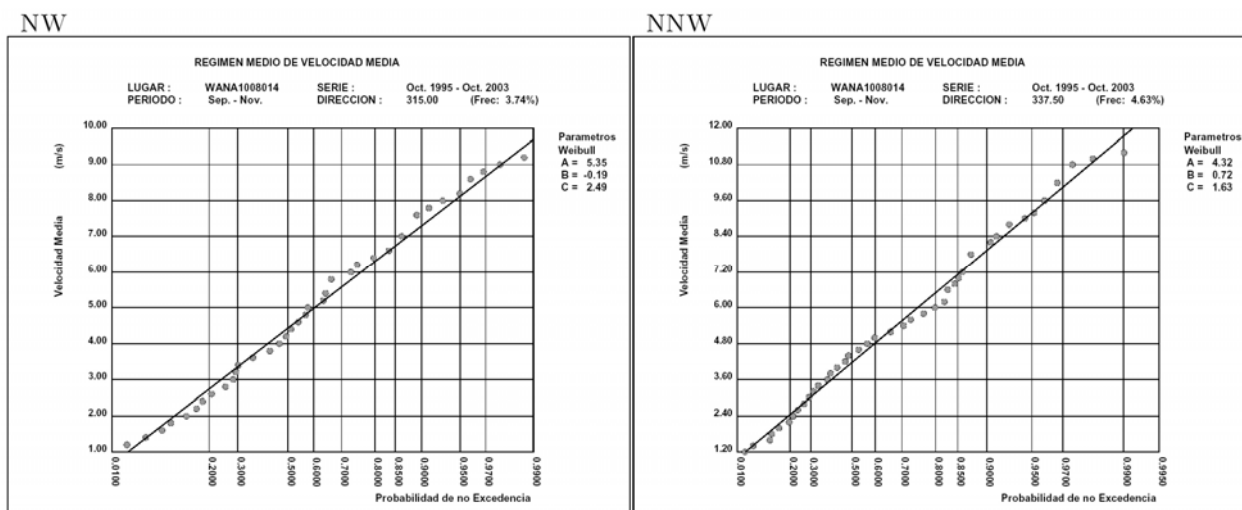


W



WNW





Septiembre – Noviembre

Figura 161 .- Regímenes medios direccionales estacionales de los sectores representativos

3.2.6.3. Punto Wana 1009013

3.2.6.3.1. Regímenes escalares

3.2.6.3.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 162 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

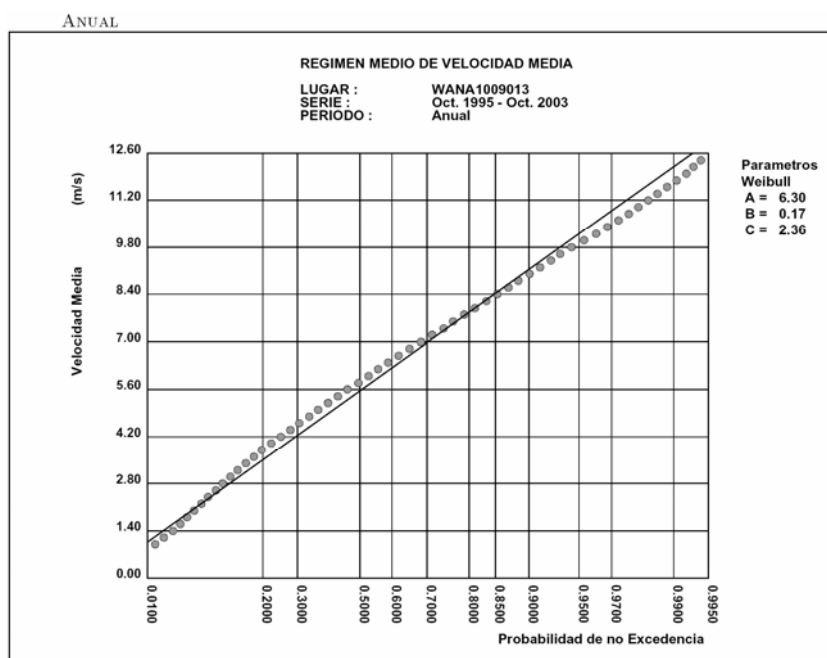


Figura 162 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.17}{6.30}\right)^{2.36}\right) \quad [3-8]$$

3.2.6.3.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

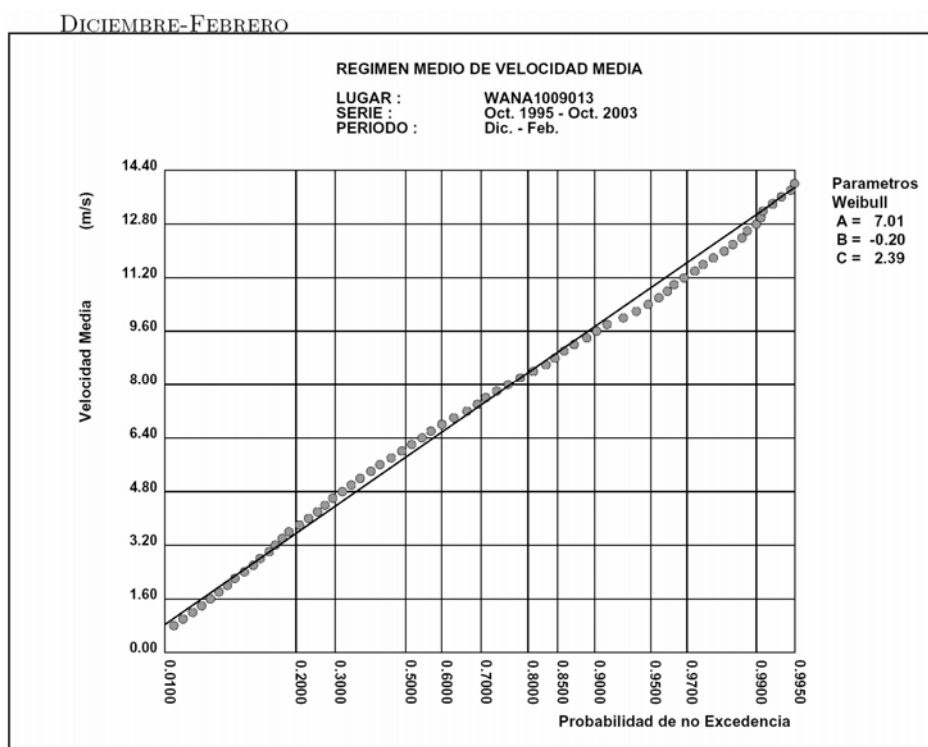


Figura 163 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

MARZO-MAYO

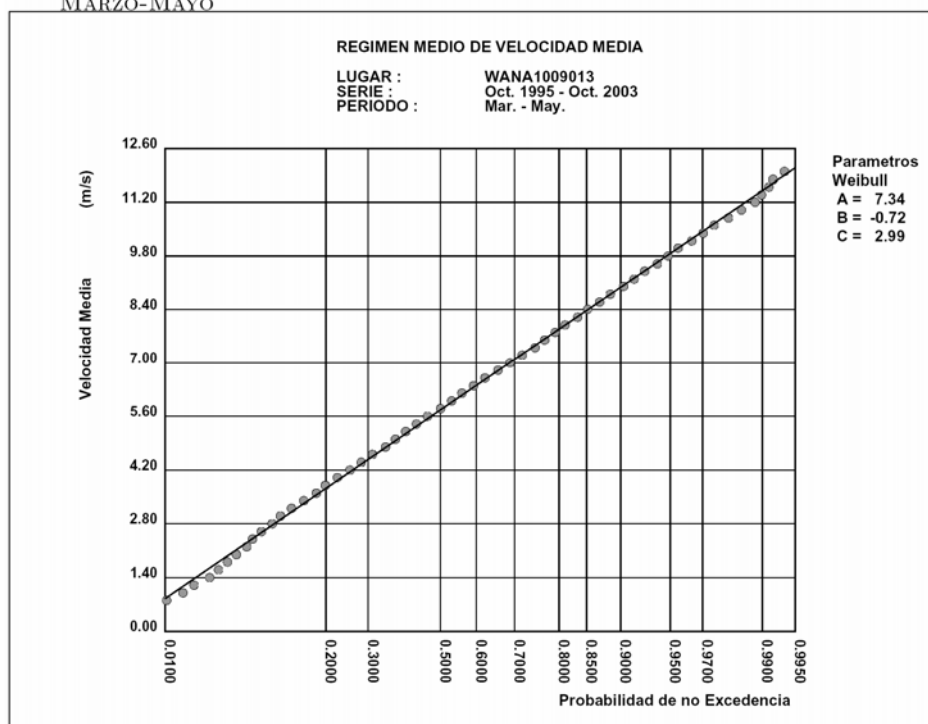


Figura 164 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

JUNIO-AGOSTO

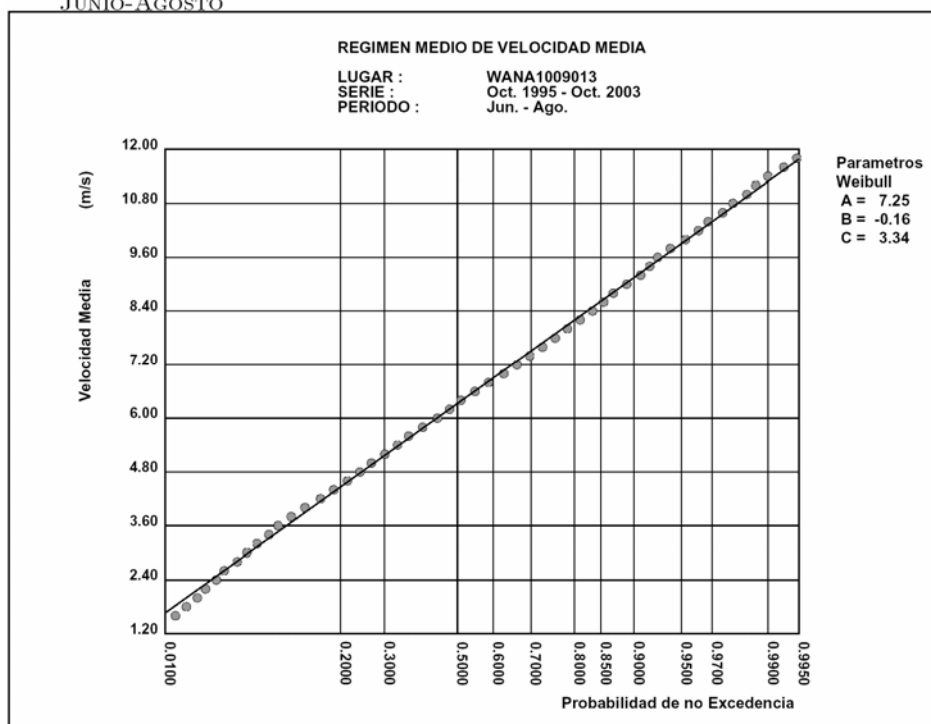


Figura 165 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (junio - agosto)

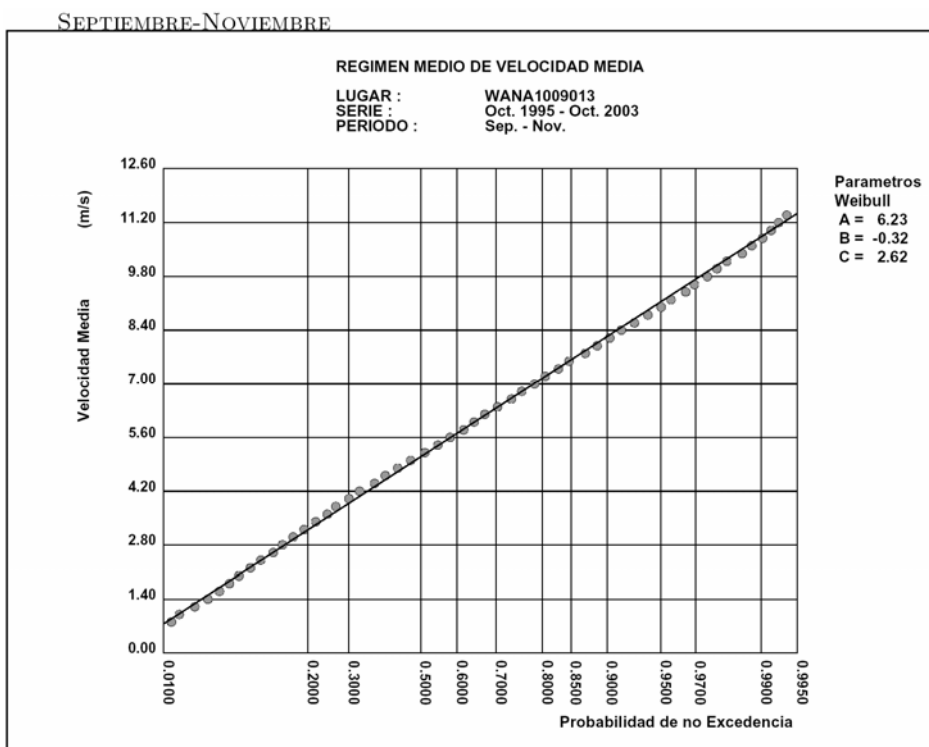


Figura 166 .- Punto WANA 1009013. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.6.3.2. Regímenes direccionales

3.2.6.3.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 167 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

De la Figura 168 a la Figura 170 se muestran gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

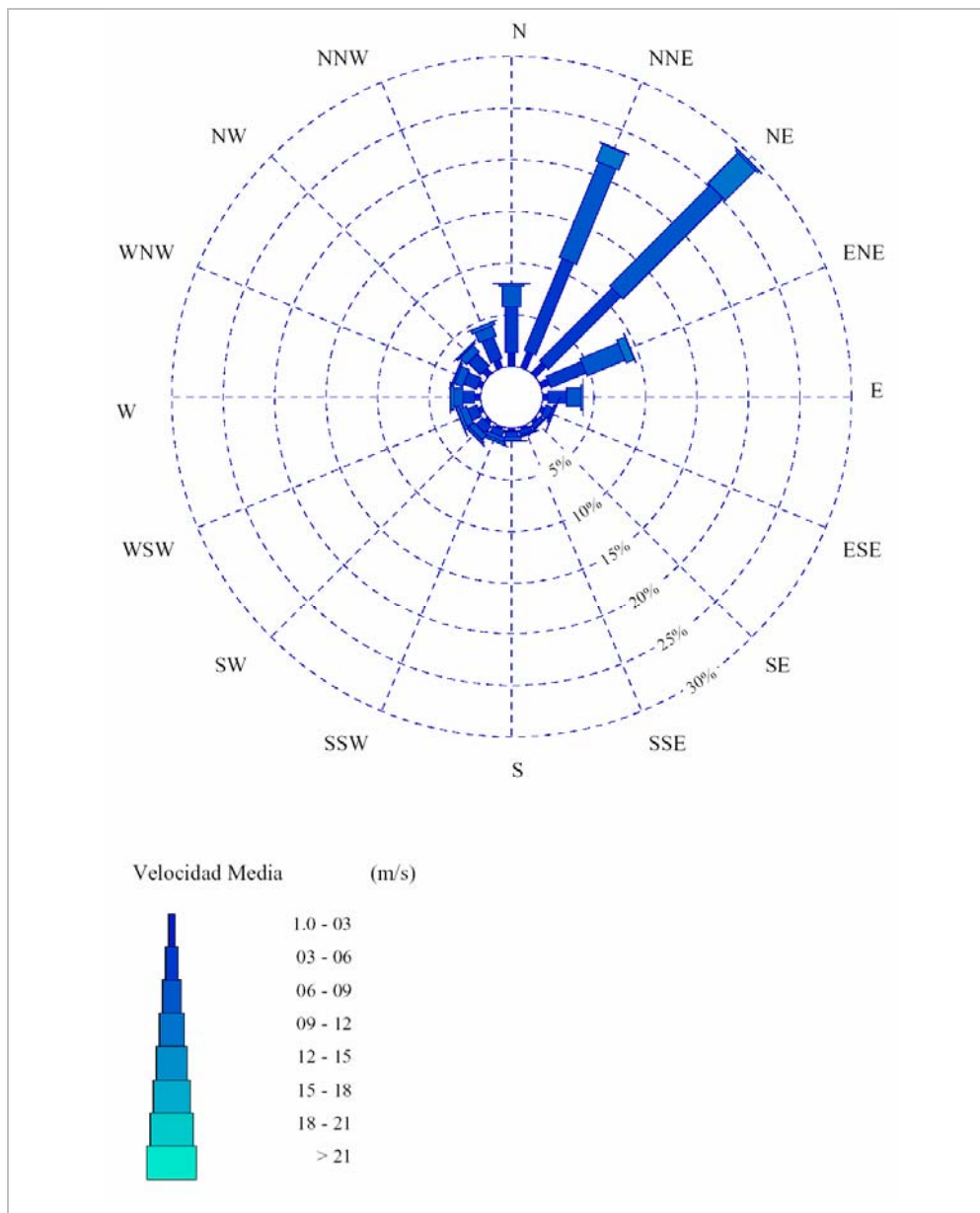


Figura 167 .- Rosa de viento anual en el punto WANA 1009013

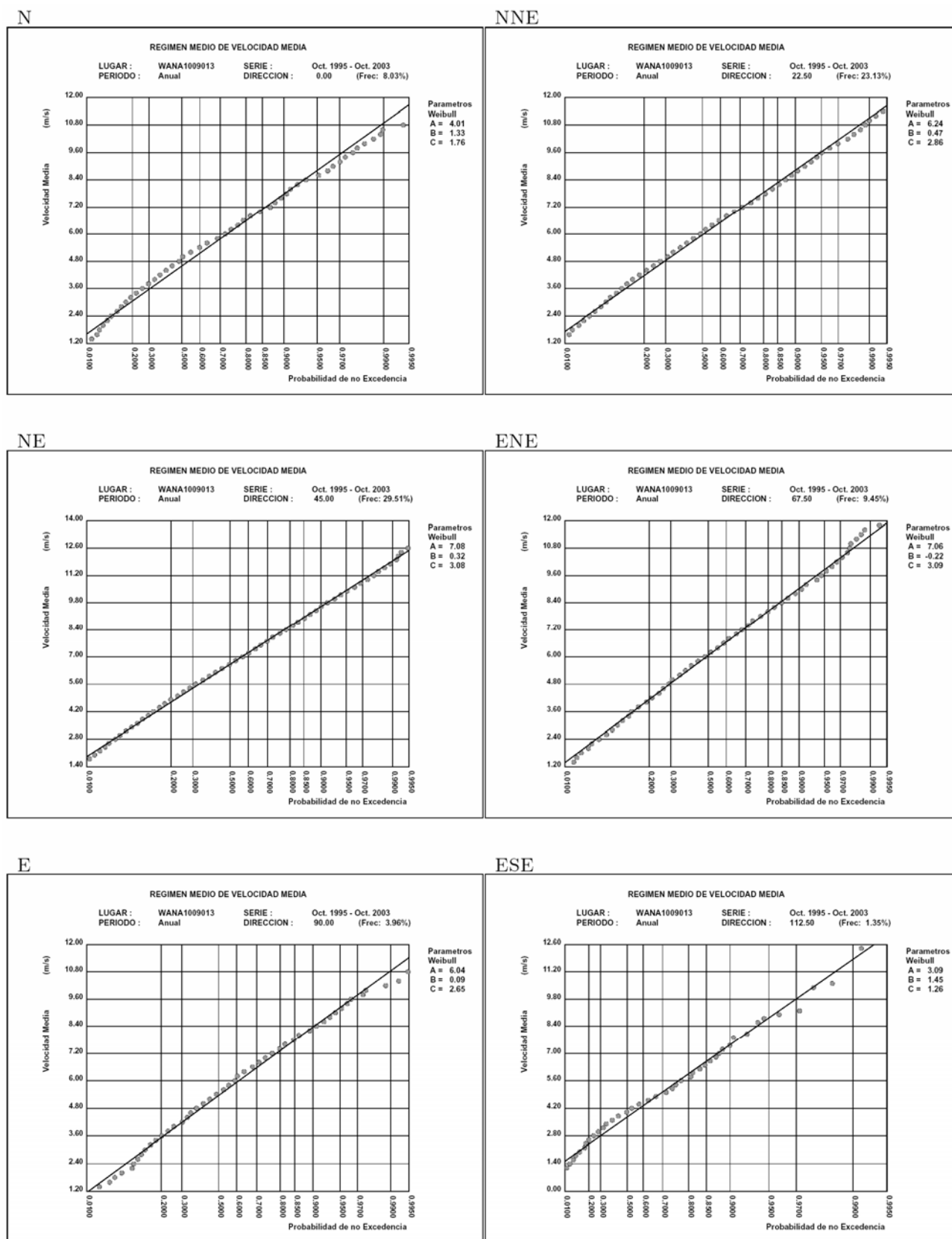
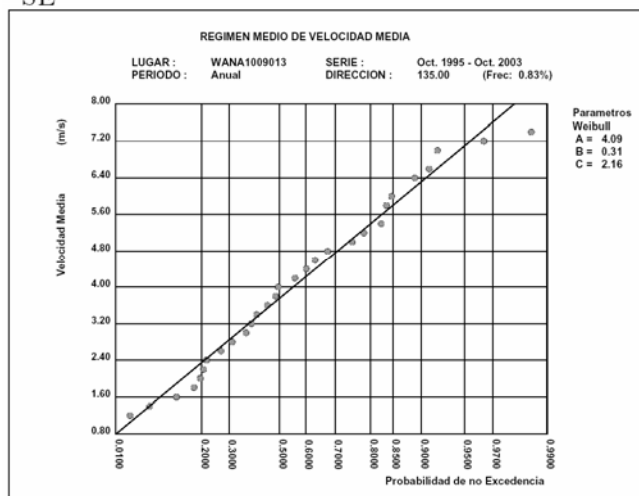
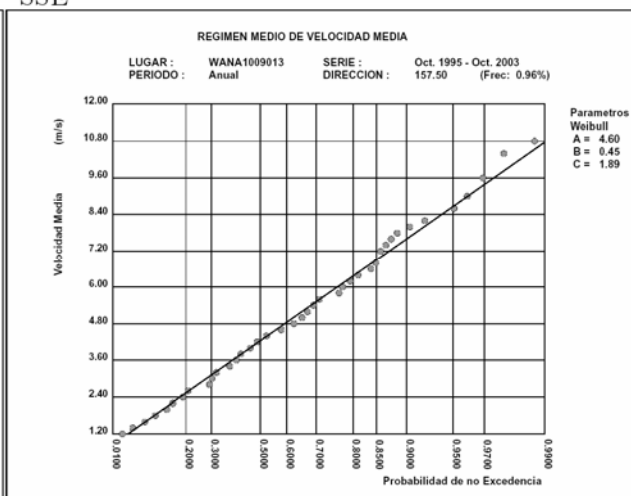


Figura 168 .- Regímenes medios direccionales anuales /1

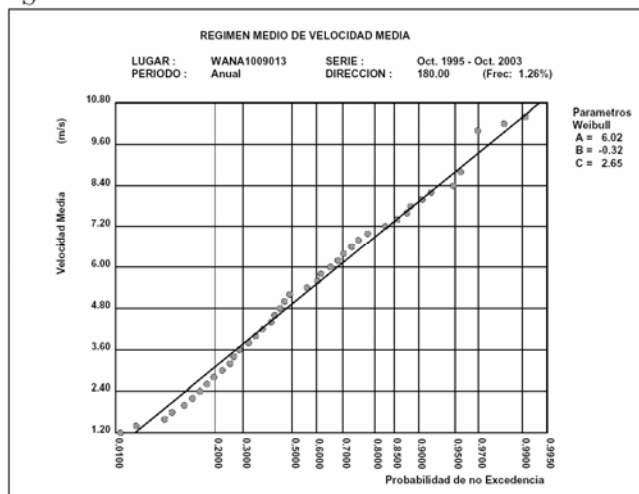
SE



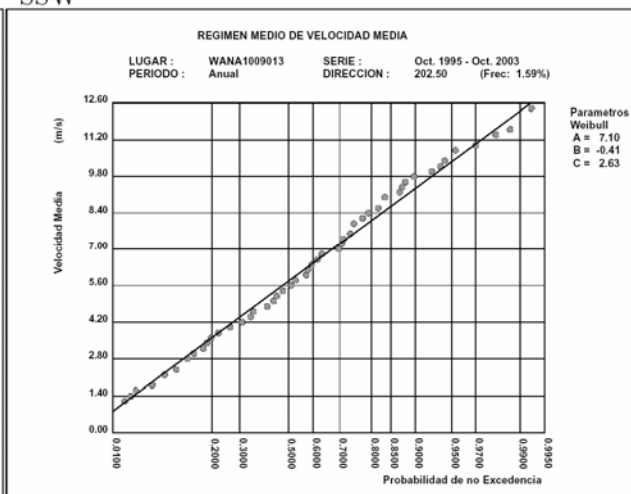
SSE



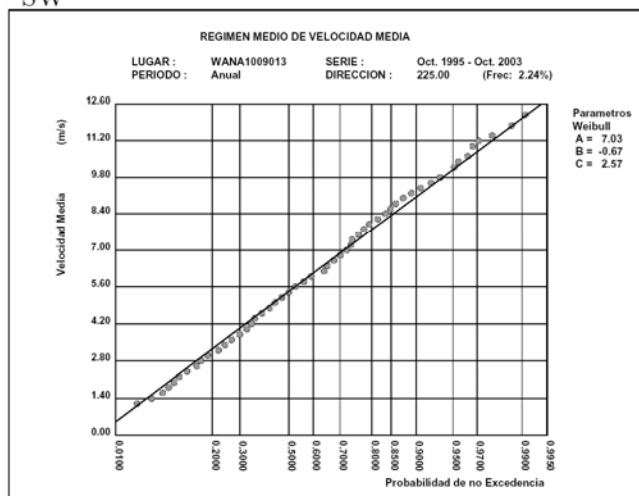
S



SSW



SW



WSW

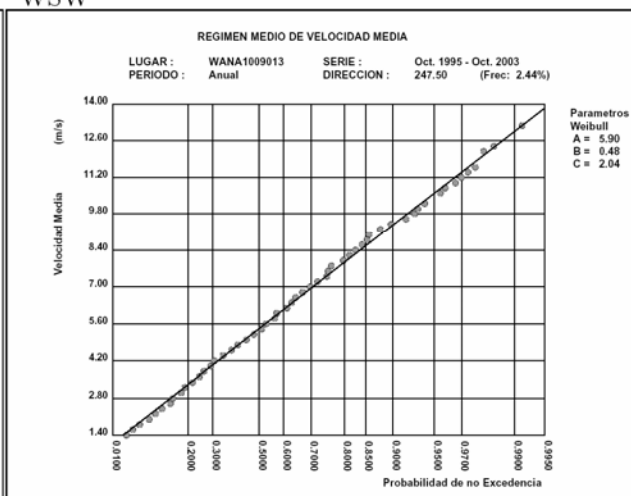
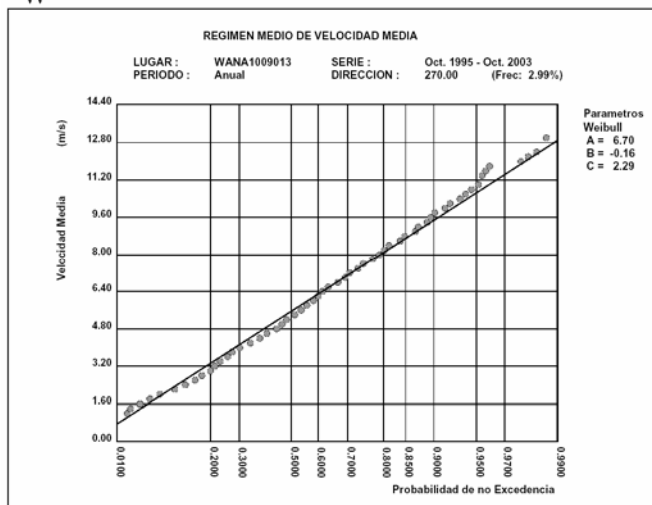
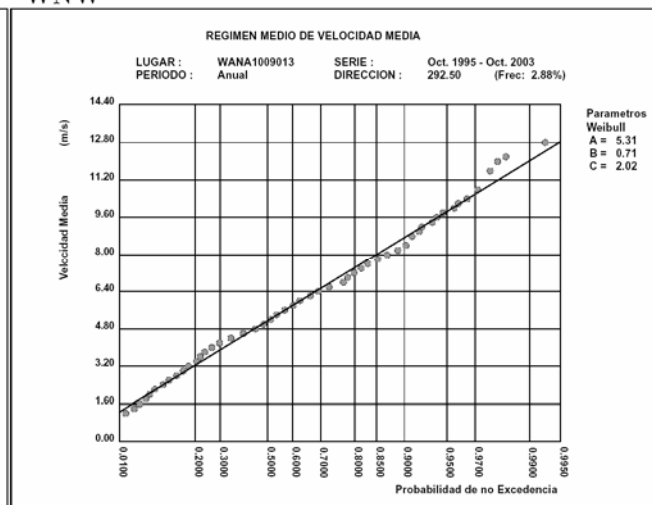


Figura 169 .- Regímenes medios direccionales anuales /2

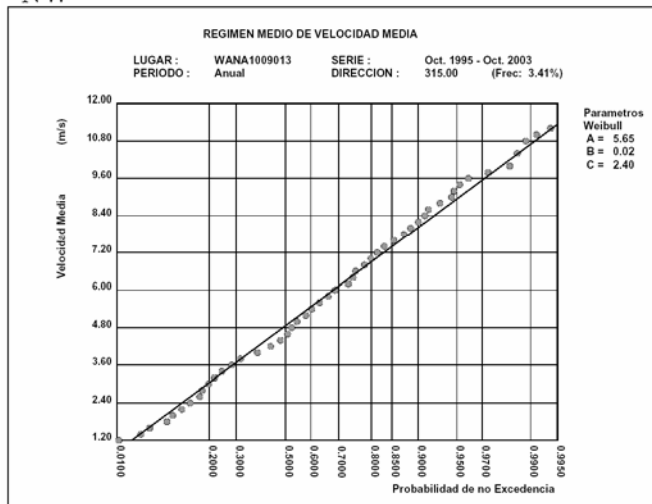
W



WNW



NW



NNW

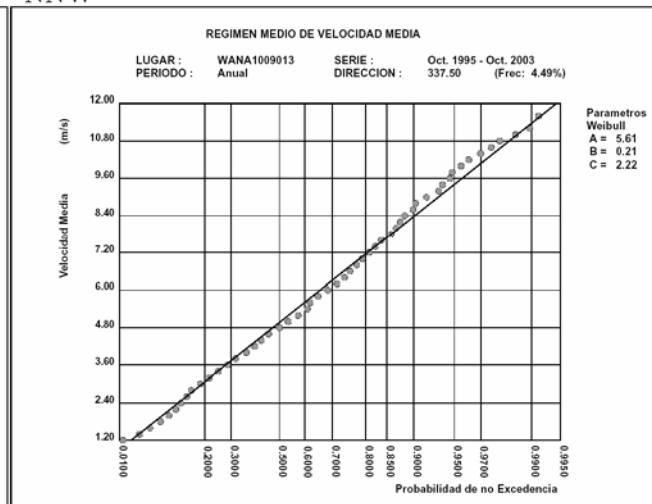


Figura 170 .- Regímenes medios direccionales anuales /3

3.2.6.3.2.2. Regímenes medios direccionales estacionales

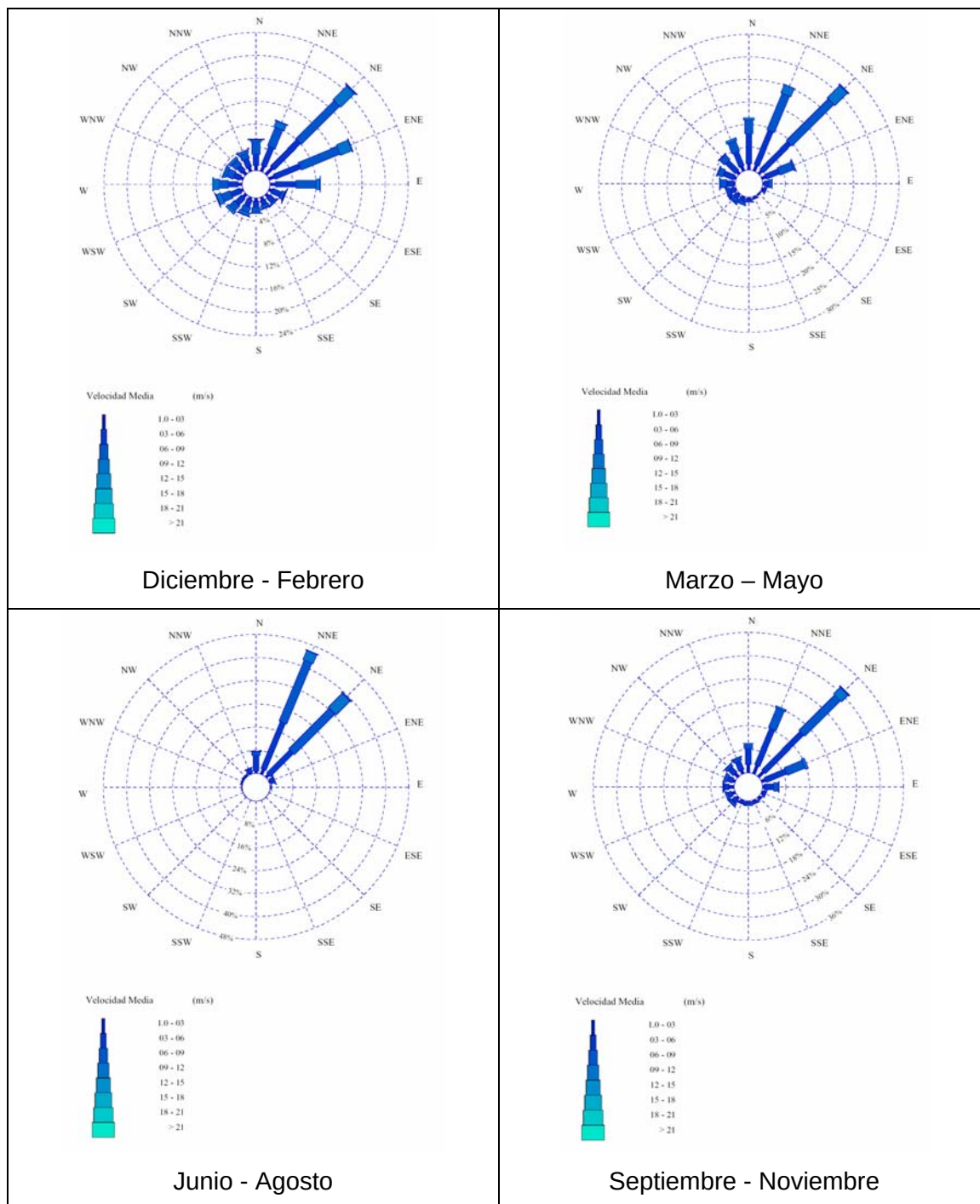
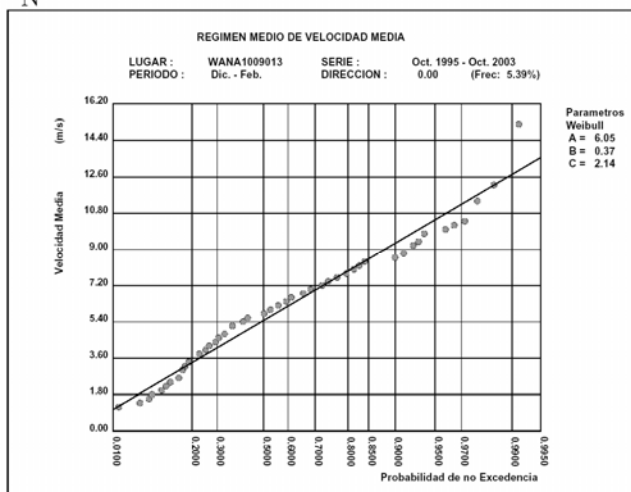


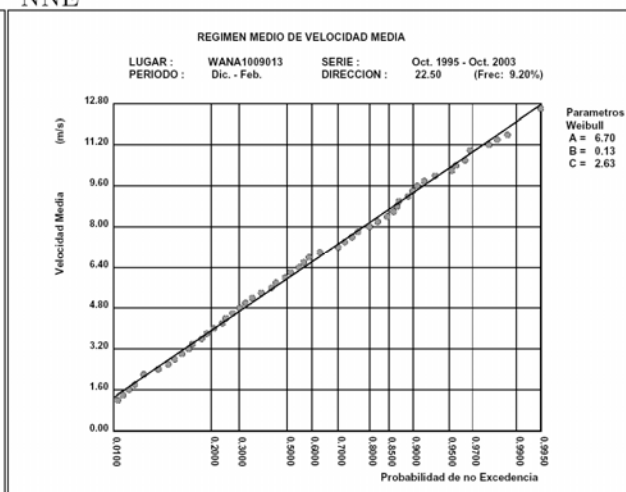
Figura 171 .- Rosas estacionales en el punto WANA 1009013

En la Figura 172 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.

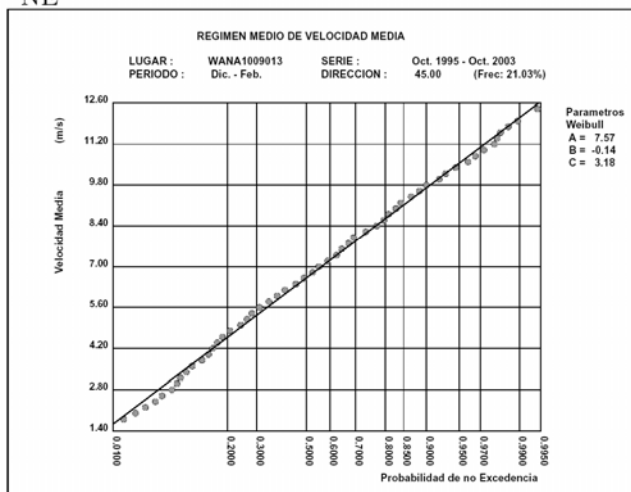
N



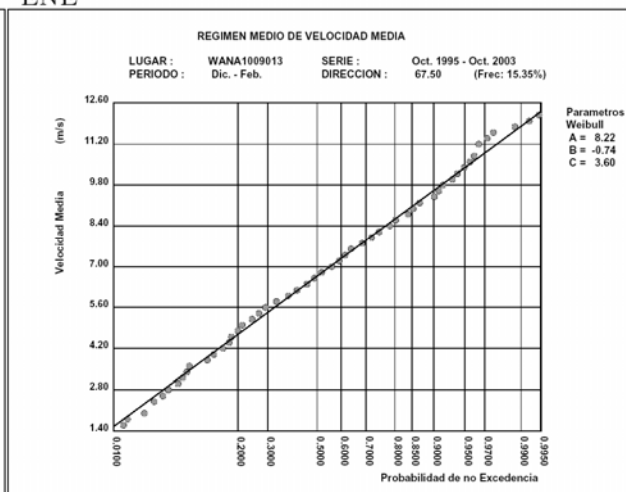
NNE



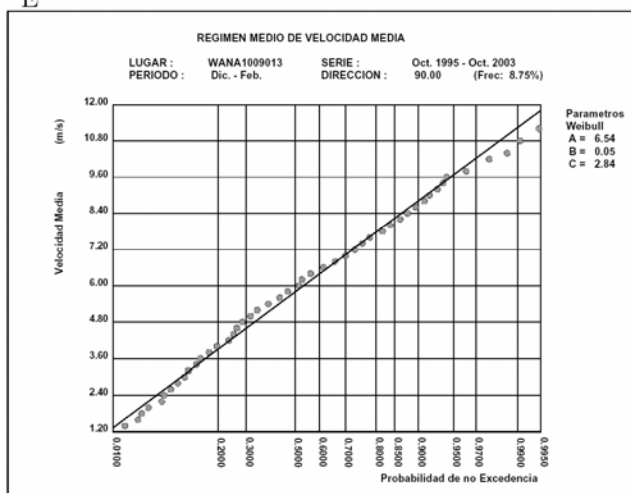
NE



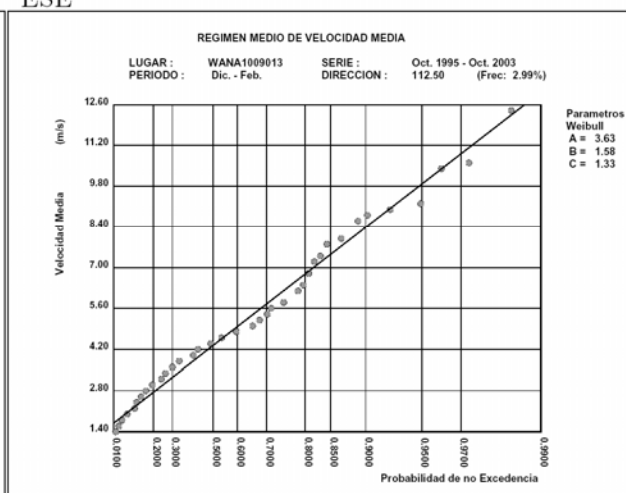
ENE



E



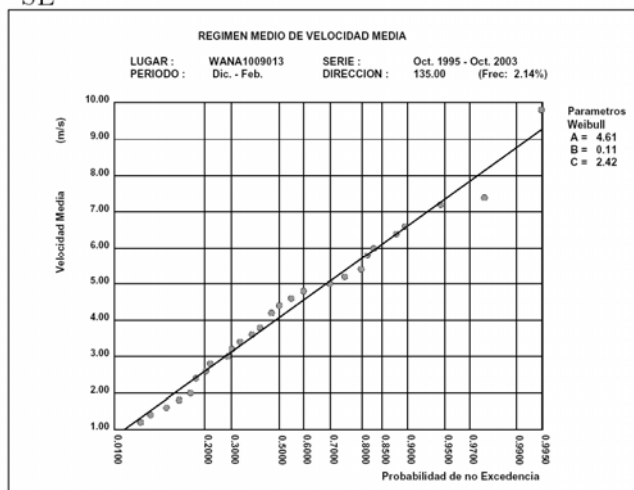
ESE



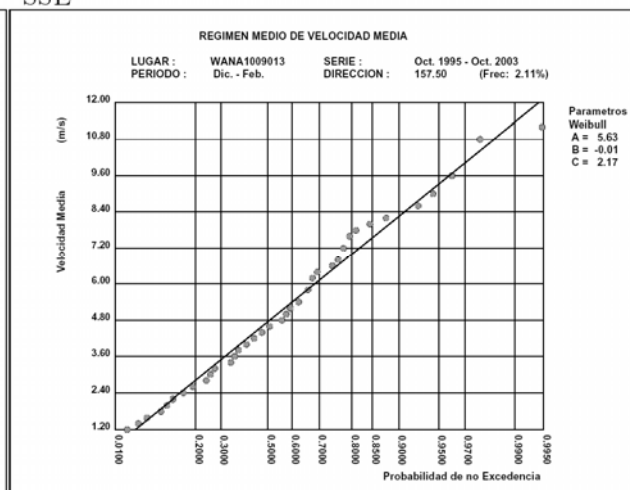
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

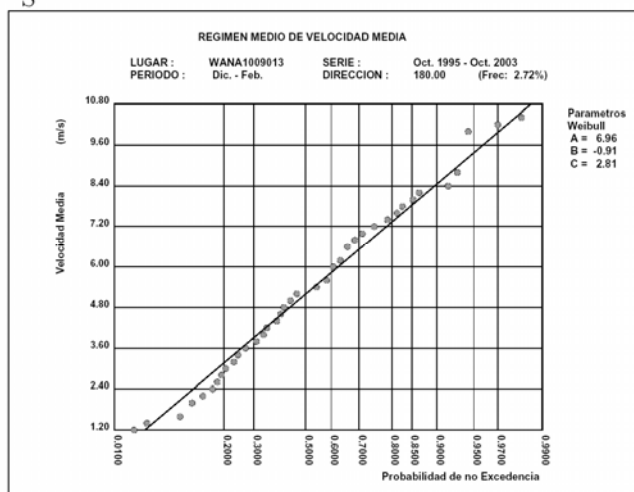
SE



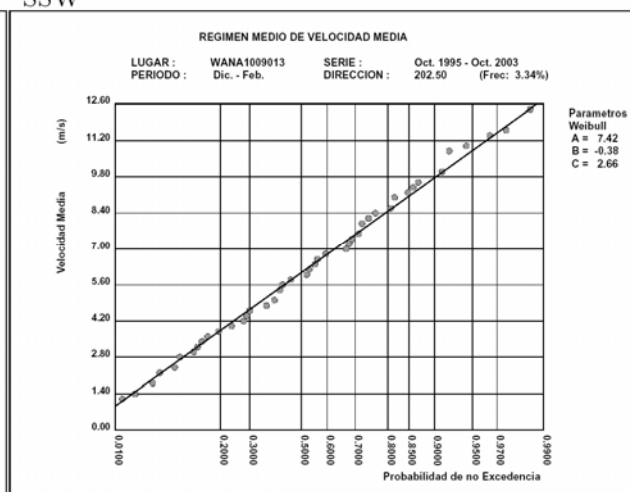
SSE



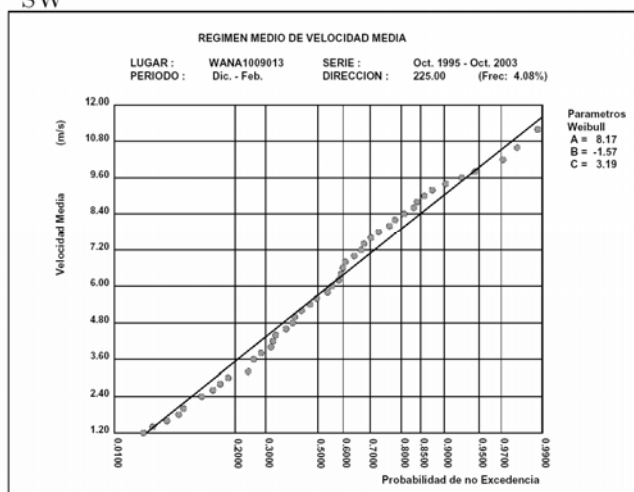
S



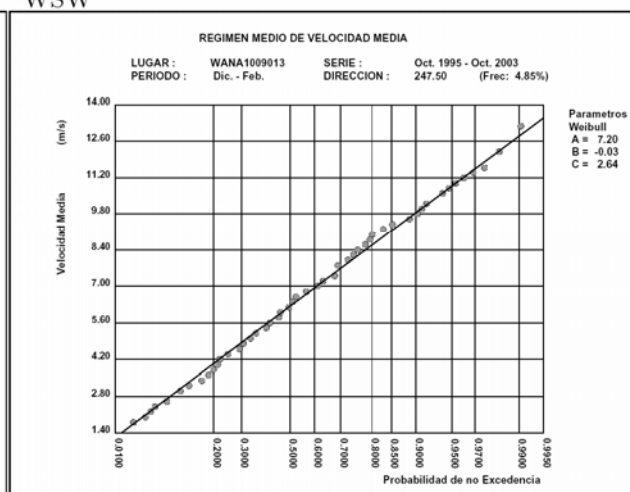
SSW



SW



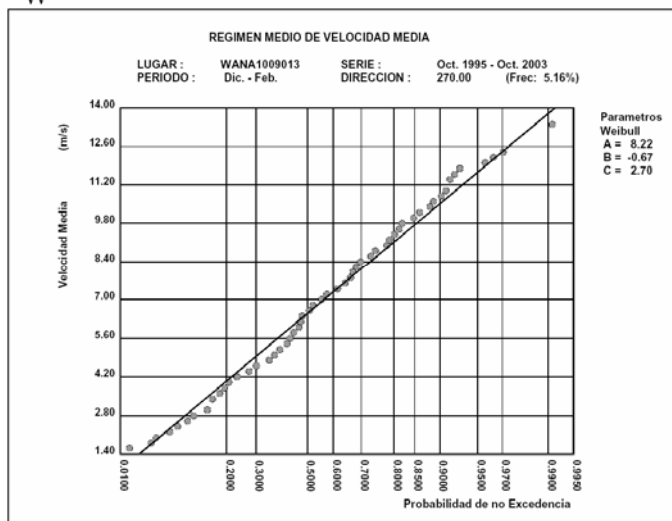
WSW



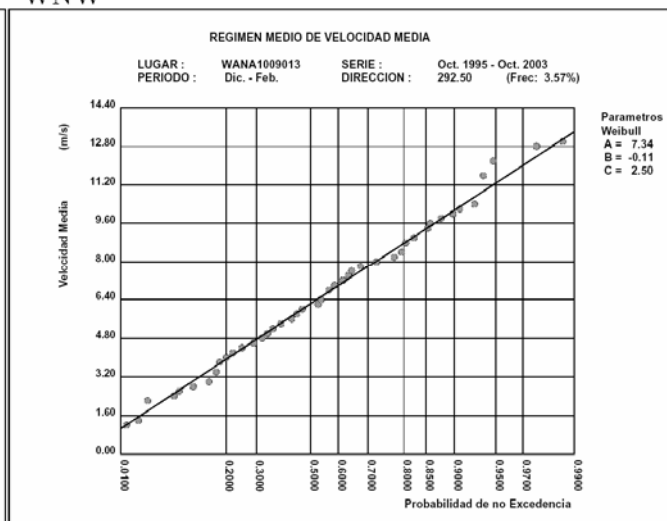
ESTUDIO ECO CARTOGRAFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

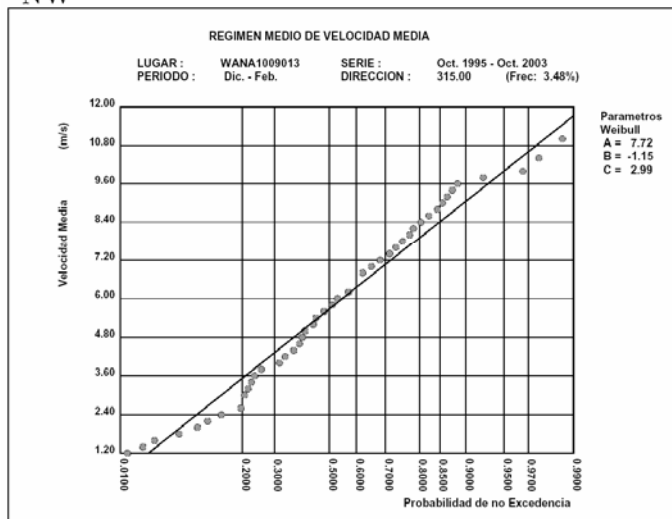
W



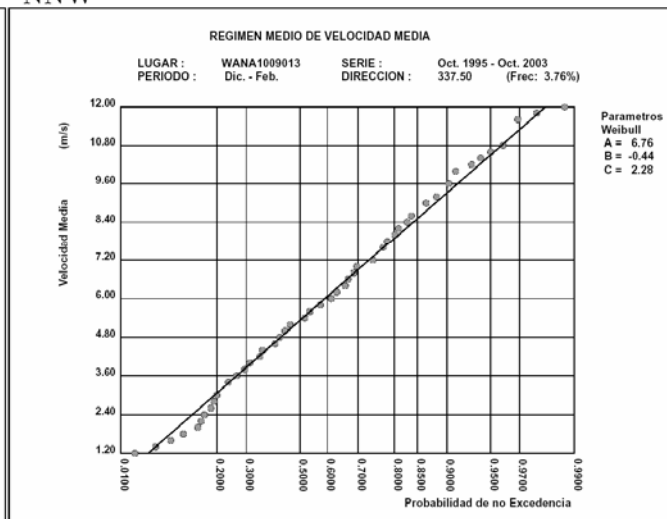
WNW



NW

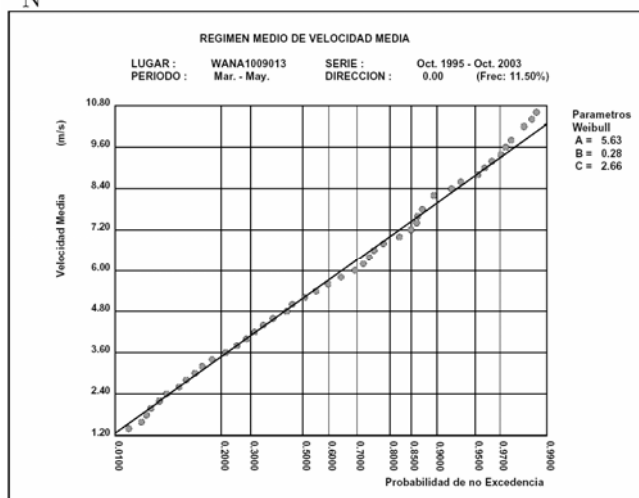


NNW

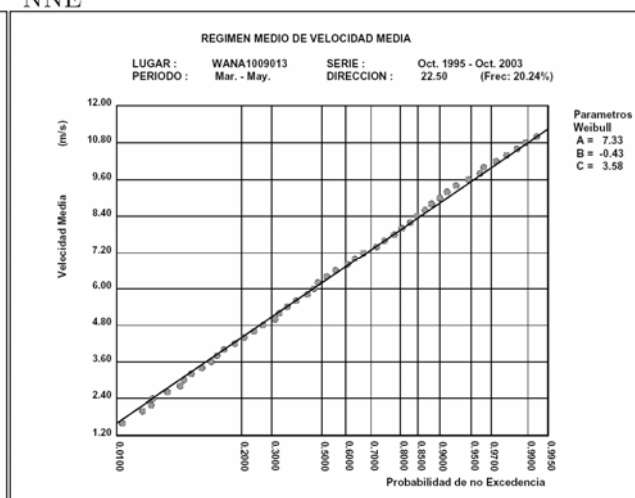


Diciembre - Febrero

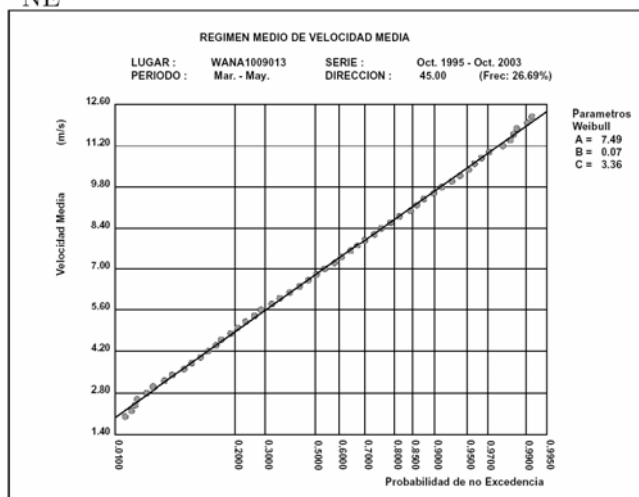
N



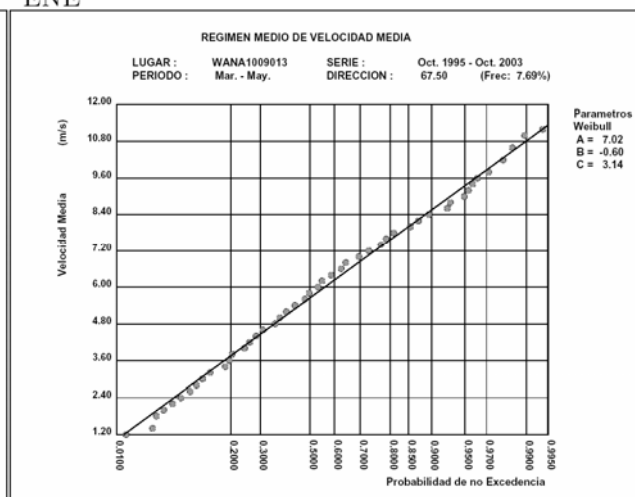
NNE



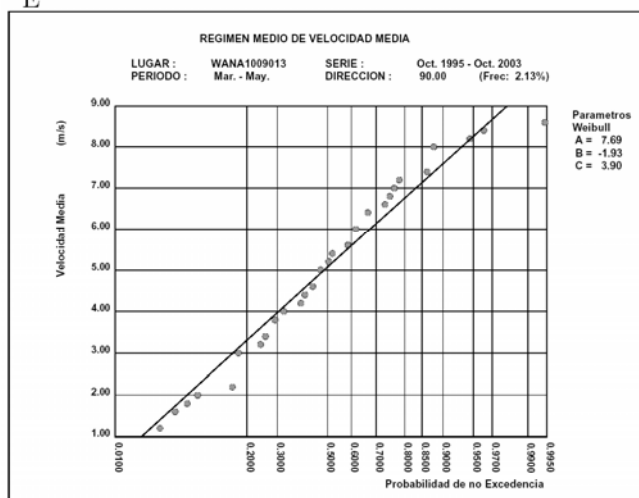
NE



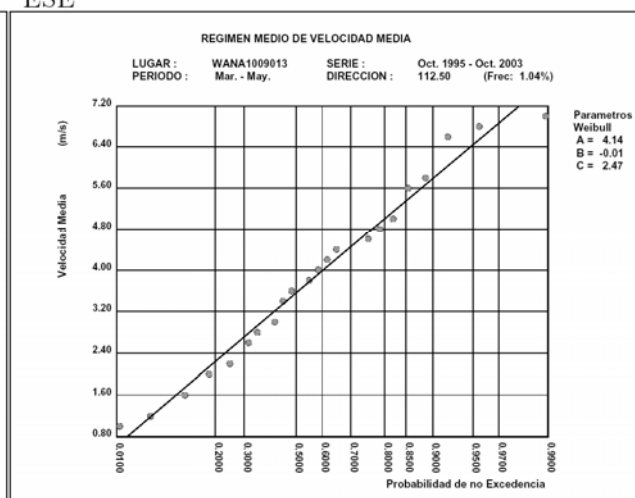
ENE



E



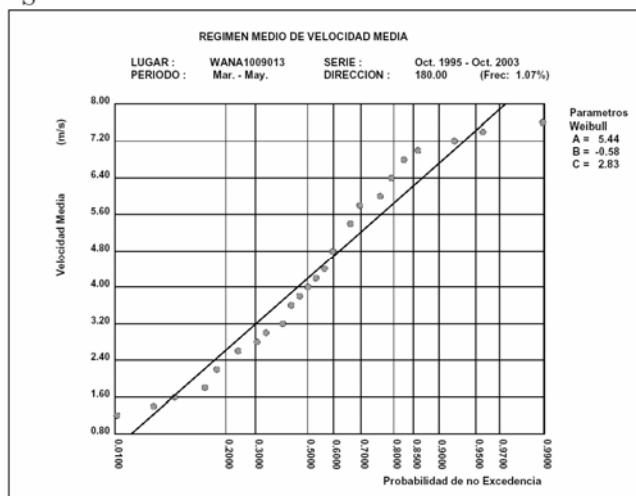
ESE



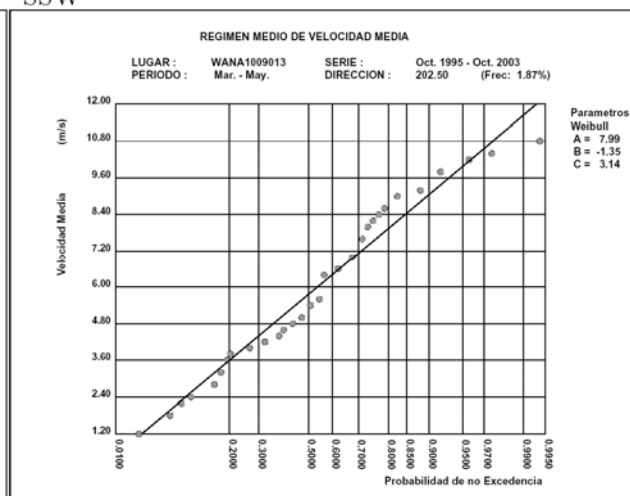
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

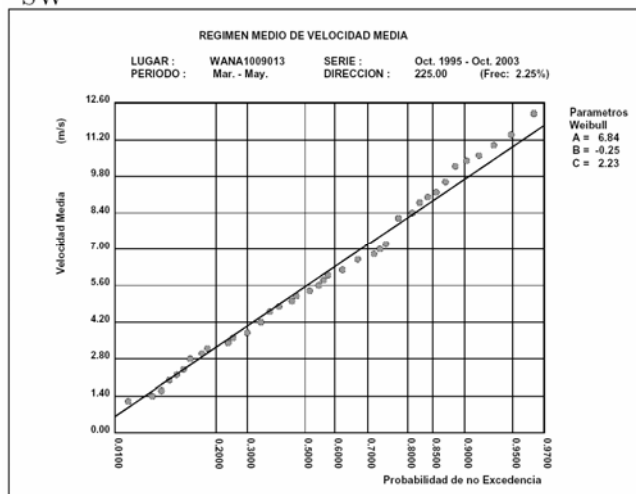
S



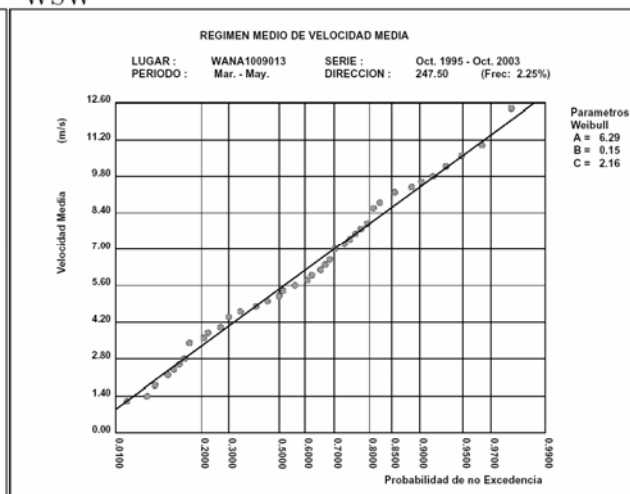
SSW



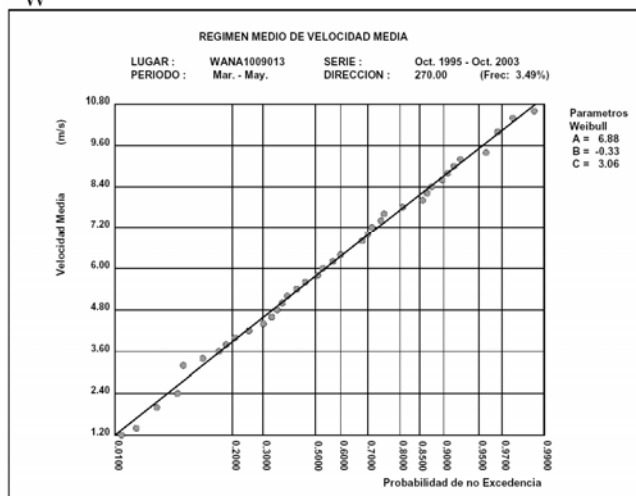
SW



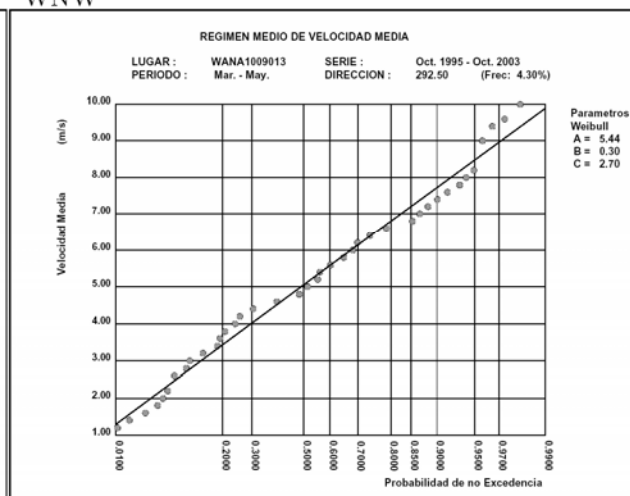
WSW



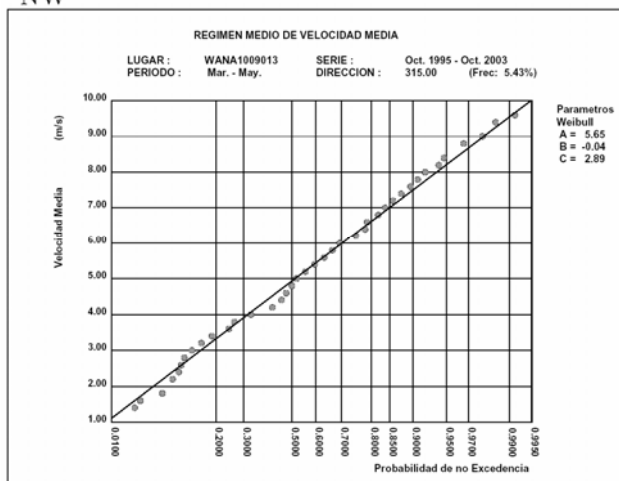
W



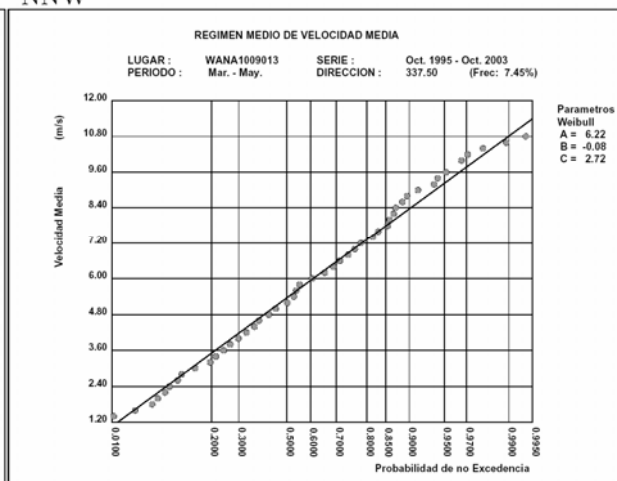
WNW



NW

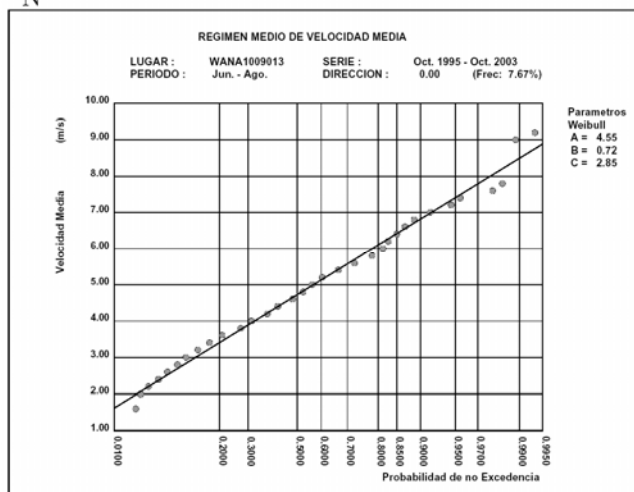


NNW

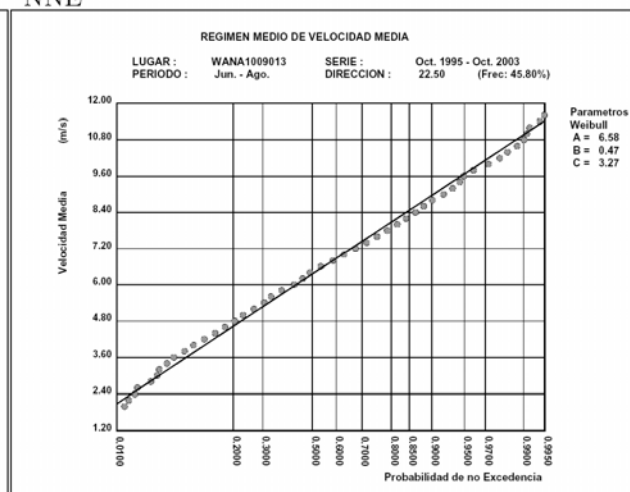


Marzo - Mayo

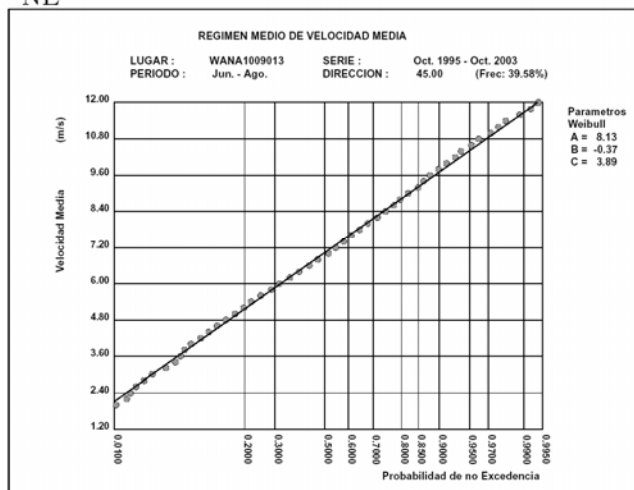
N



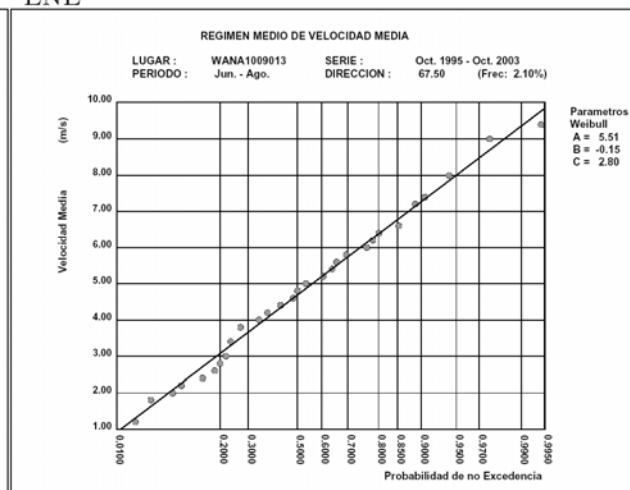
NNE



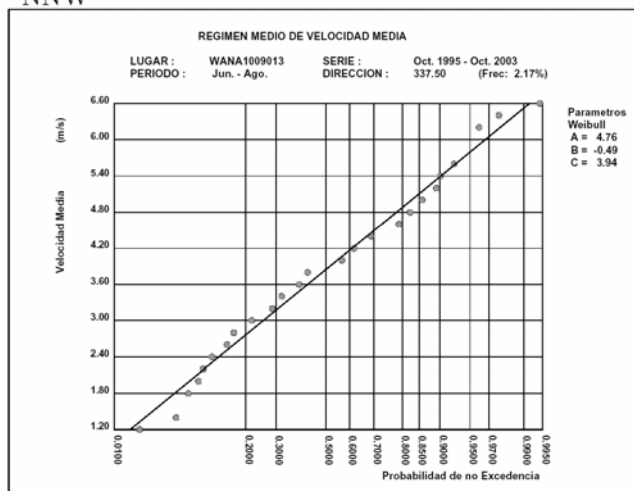
NE



ENE



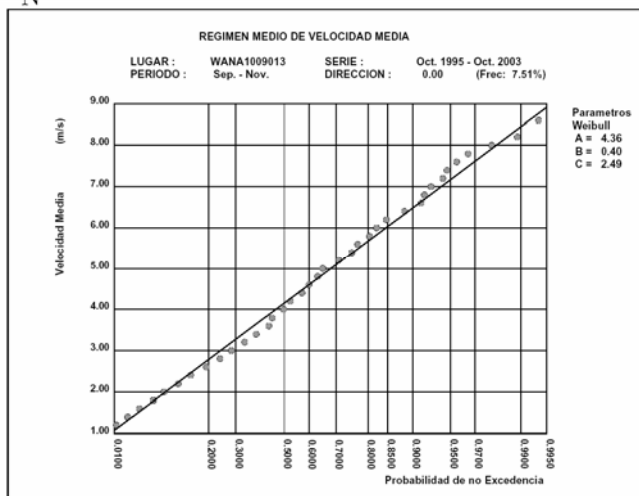
NNW



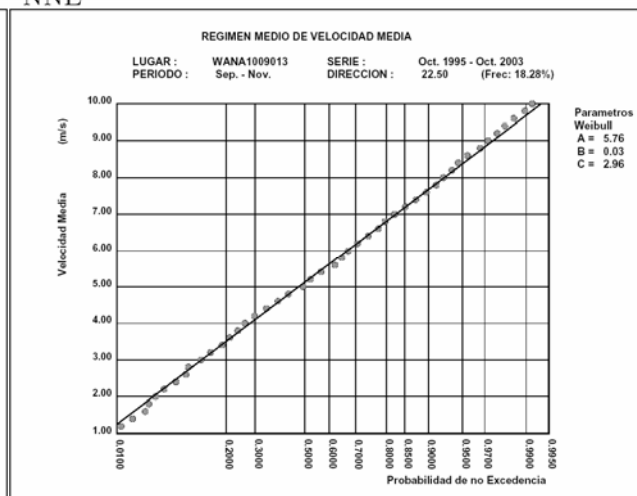
Junio – Agosto

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

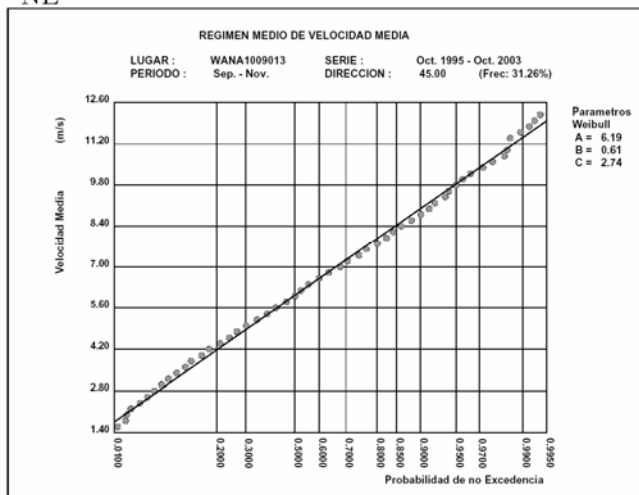
N



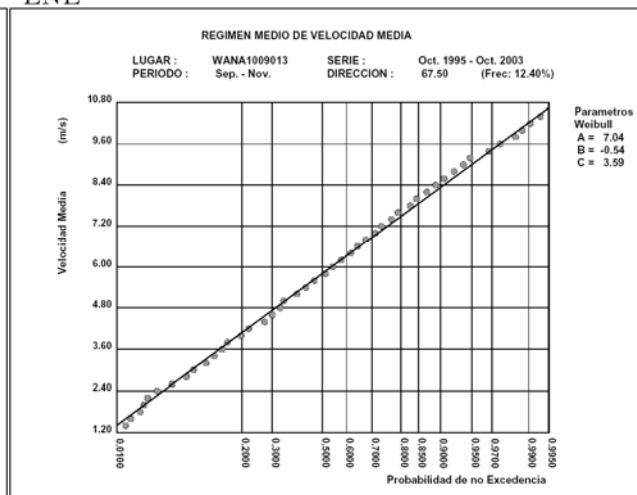
NNE



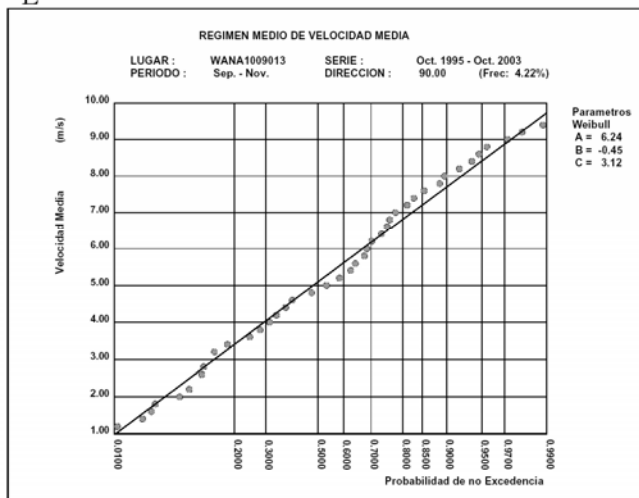
NE



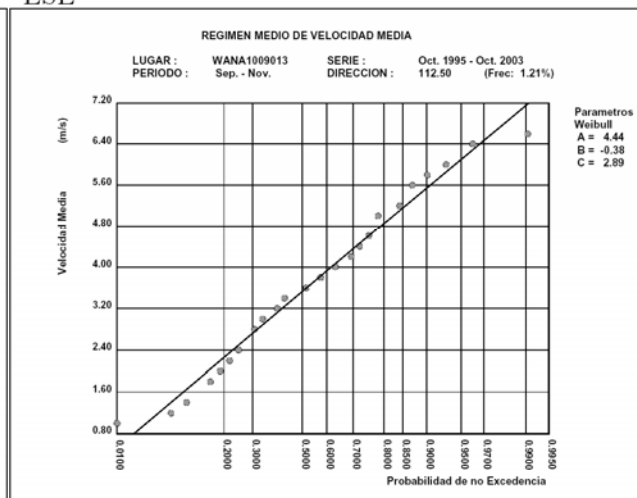
ENE



E



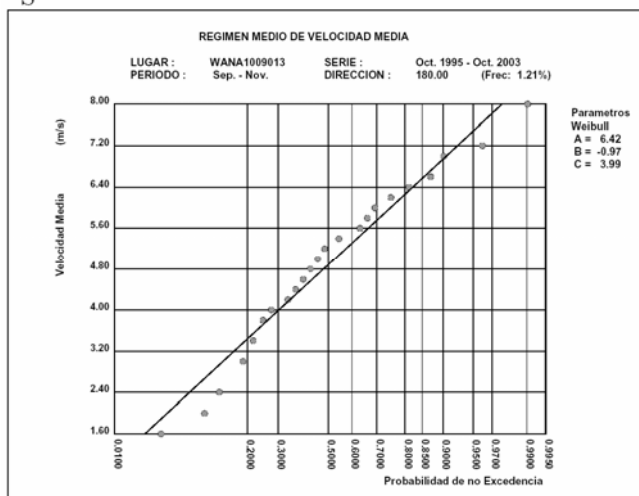
ESE



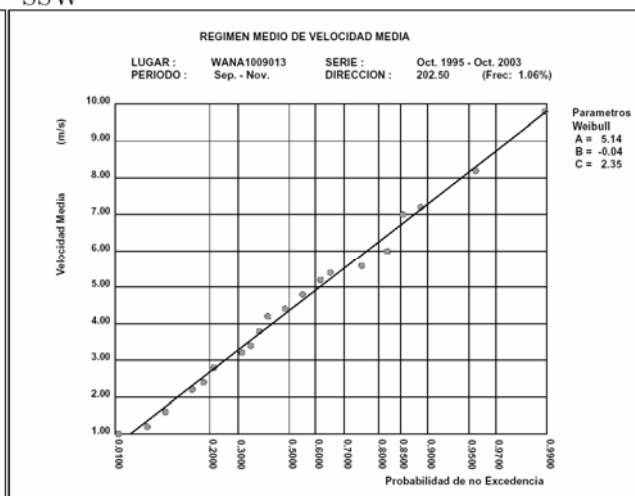
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

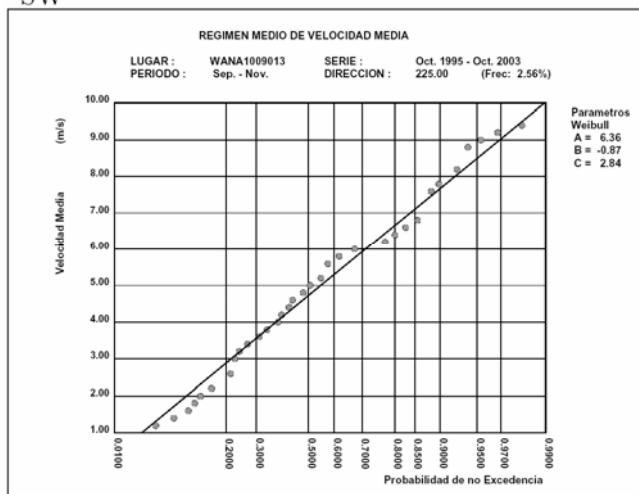
S



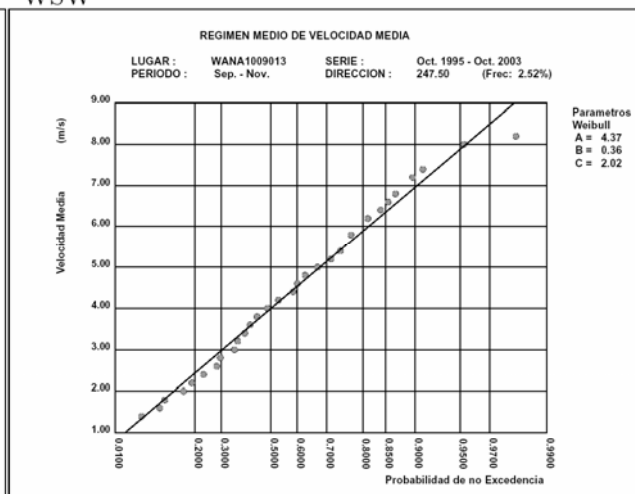
SSW



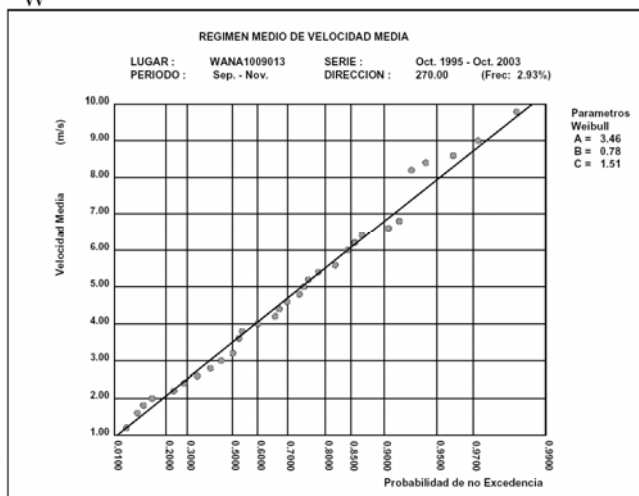
SW



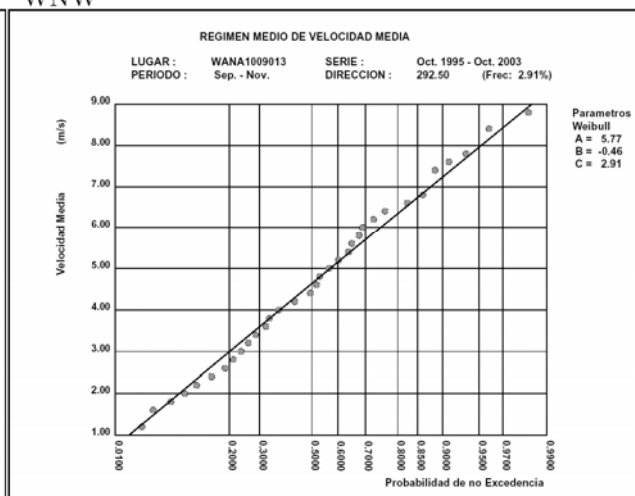
WSW

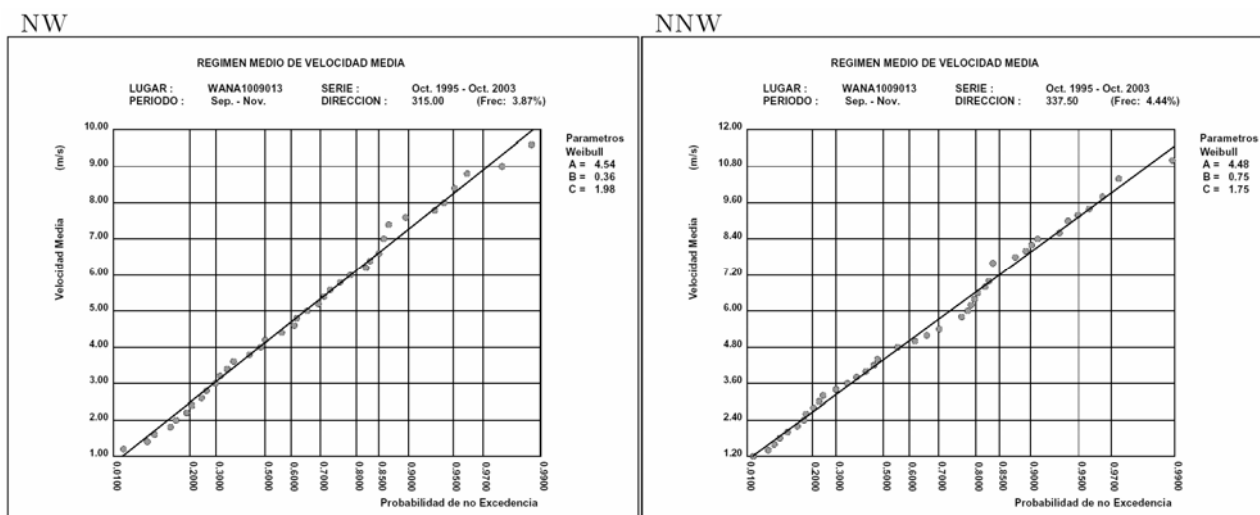


W



WNW





Septiembre – Noviembre

Figura 172 .- Regímenes medios direccionales estacionales de los sectores representativos

3.2.6.4. Punto Wana 1010015

3.2.6.4.1. Regímenes escalares

3.2.6.4.1.1. Régimen medio anual

En la Figura 173 se muestra el régimen medio anual, ajustado a una función de distribución de Weibull.

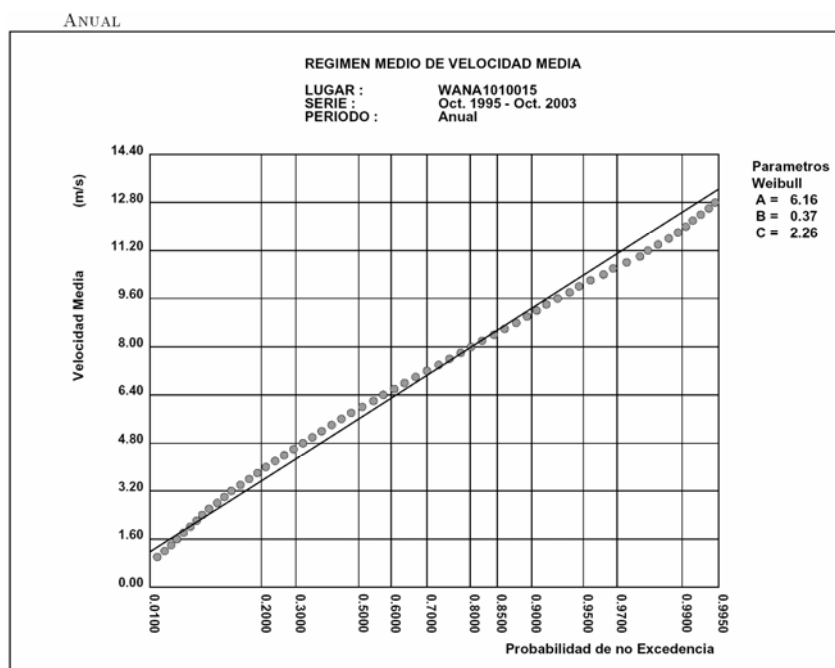


Figura 173 .- Régimen medio escalar anual

La distribución de Weibull que representa el régimen medio anual resulta, así, ser:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 0.37}{6.16}\right)^{2.26}\right) \quad [3-9]$$

3.2.6.4.1.2. Regímenes medios estacionales

Las figuras siguientes muestran las distribuciones de Weibull que representan los regímenes medios estacionales:

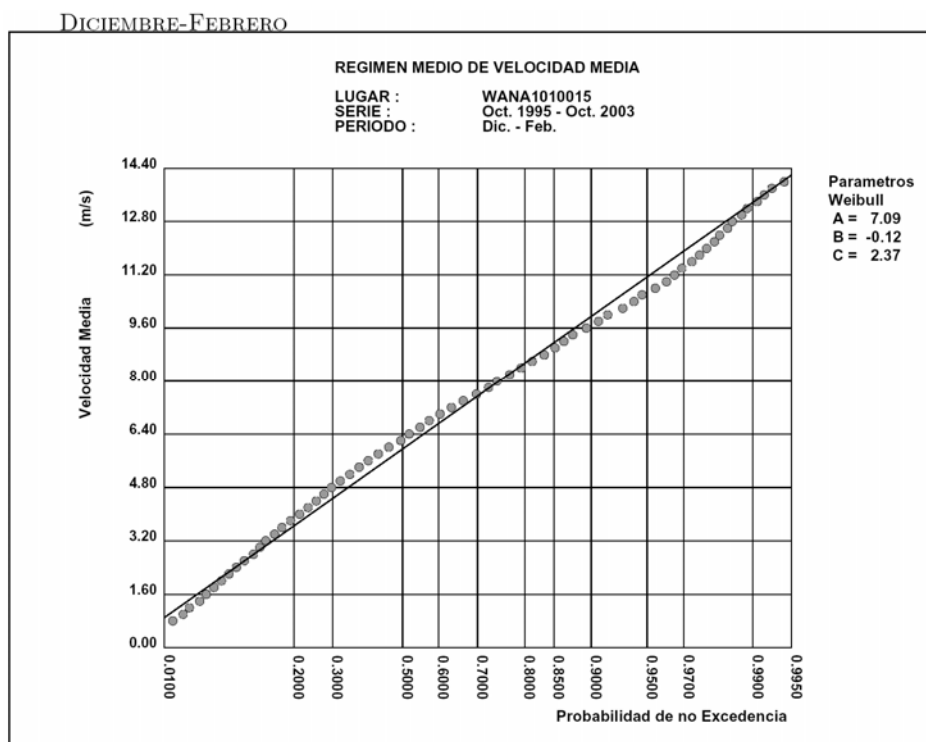


Figura 174 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (diciembre – febrero)

MARZO-MAYO

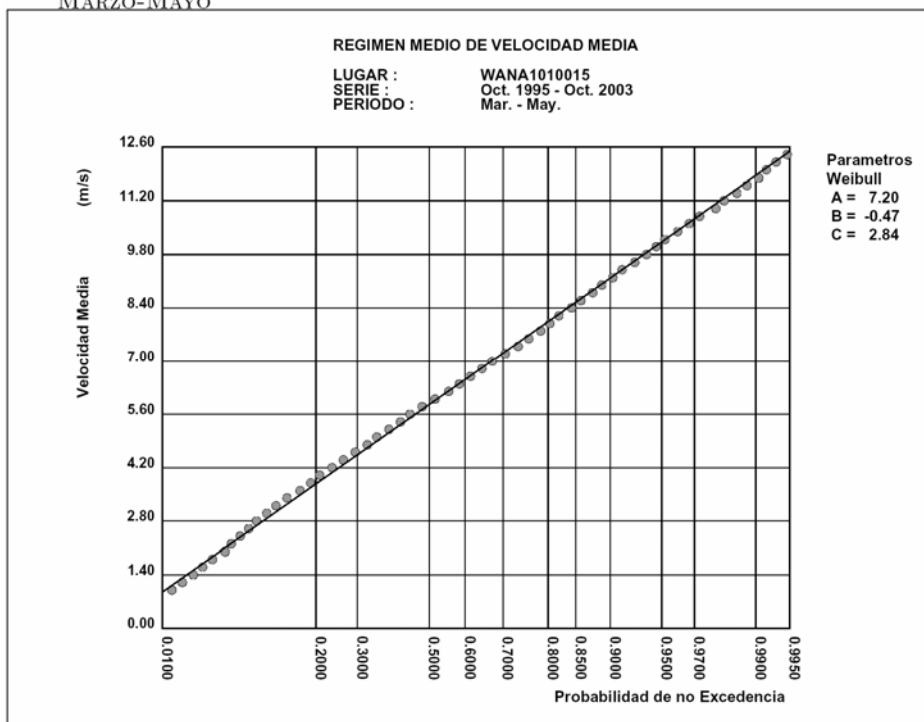


Figura 175 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (marzo - mayo)

JUNIO-AGOSTO

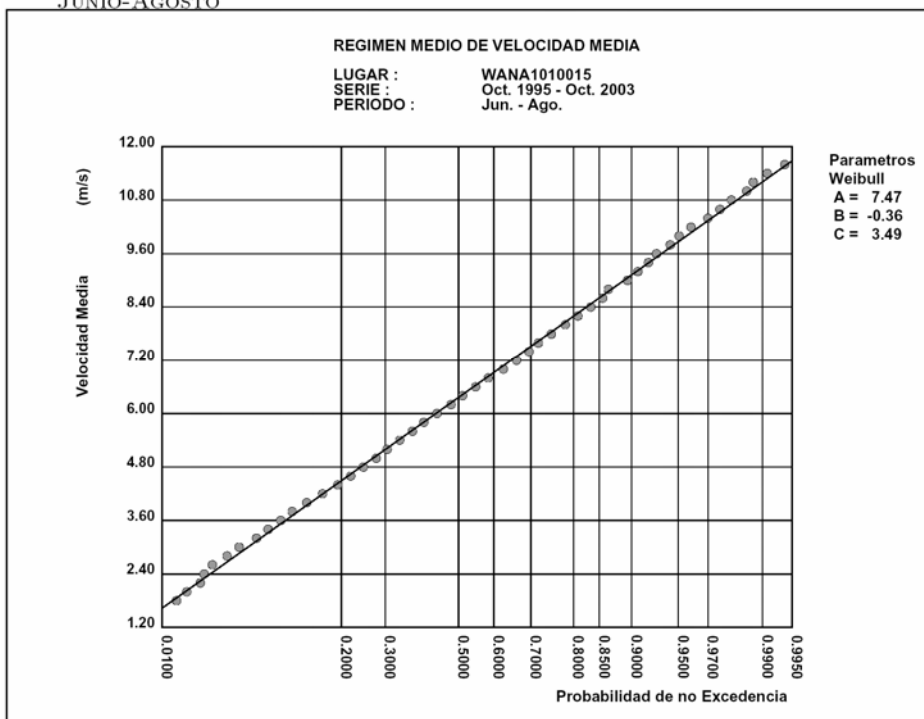


Figura 176 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (junio - agosto)

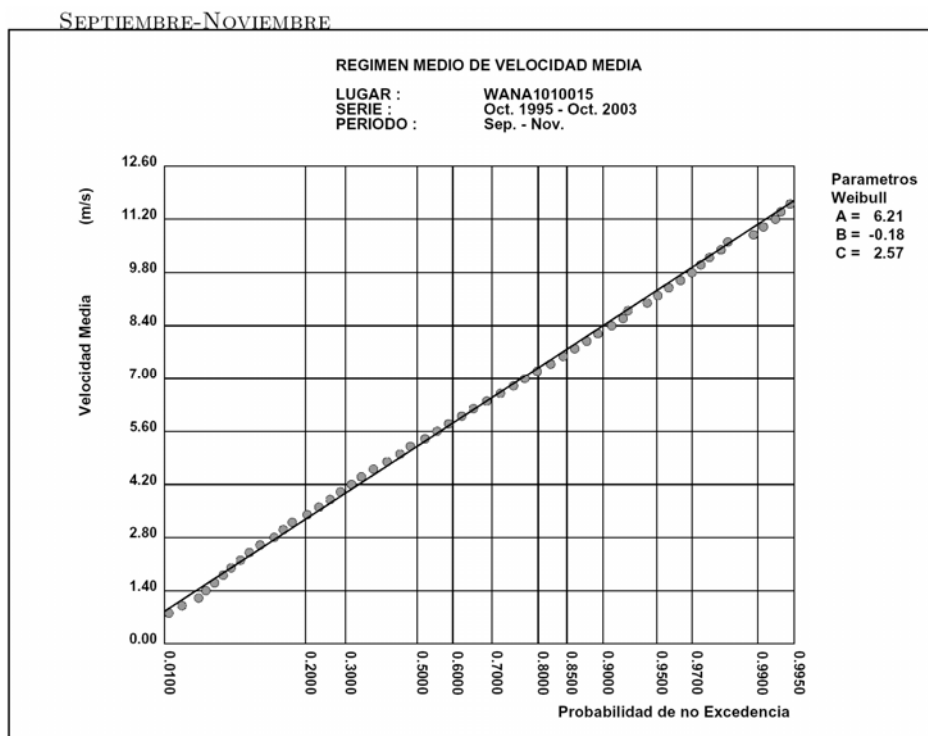


Figura 177 .- Punto WANA 1010015. Régimen medio estacional (septiembre - noviembre)

3.2.6.4.2. Regímenes direccionales

3.2.6.4.2.1. Regímenes medios direccionales anuales

La Figura 178 muestra la rosa de oleaje anual, construida con todos los datos obtenidos en el punto.

De la Figura 179 a la Figura 181 se muestran gráficamente las distribuciones de Weibull correspondientes a los regímenes medios direccionales anuales de los sectores representativos que afectan a la costa en la zona en estudio.

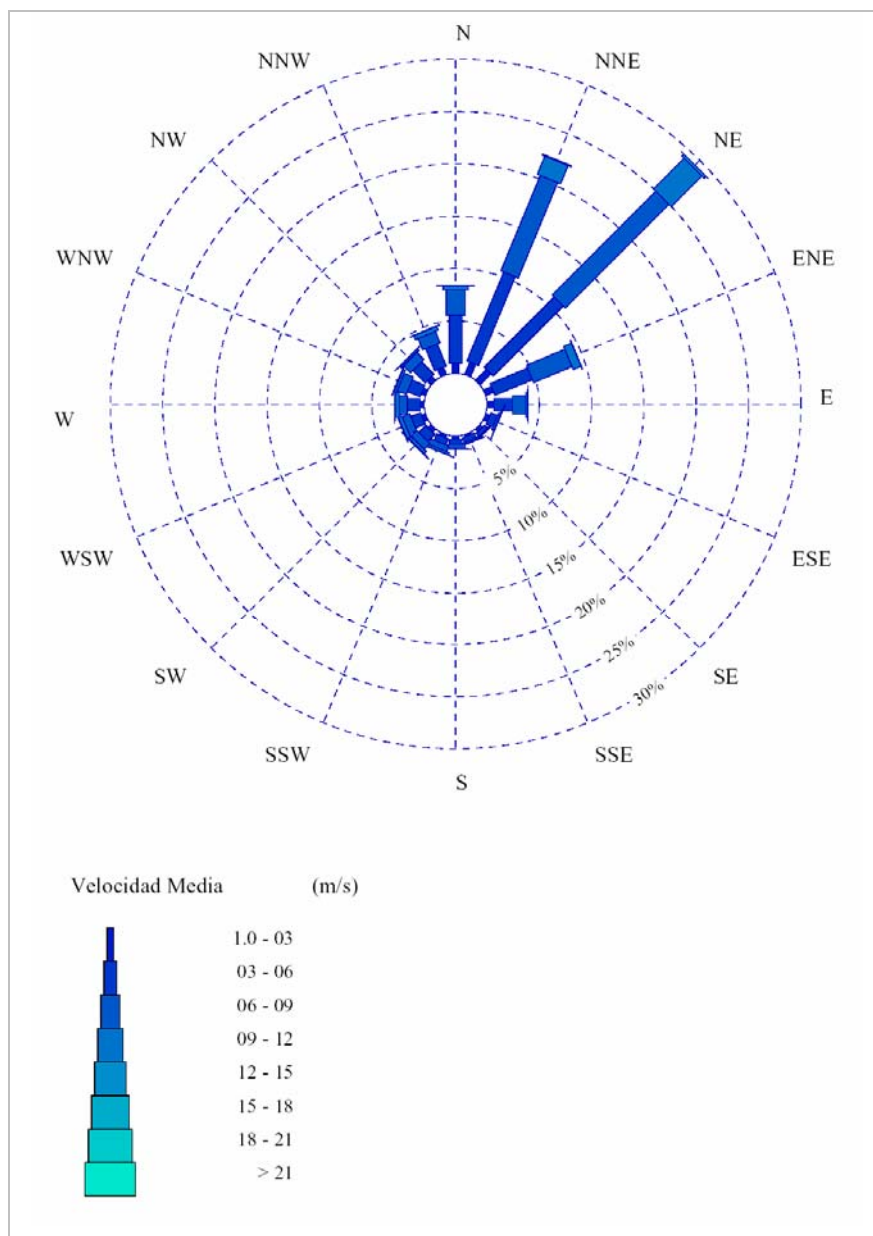


Figura 178 .- Rosa de viento anual en el punto WANA 1010015

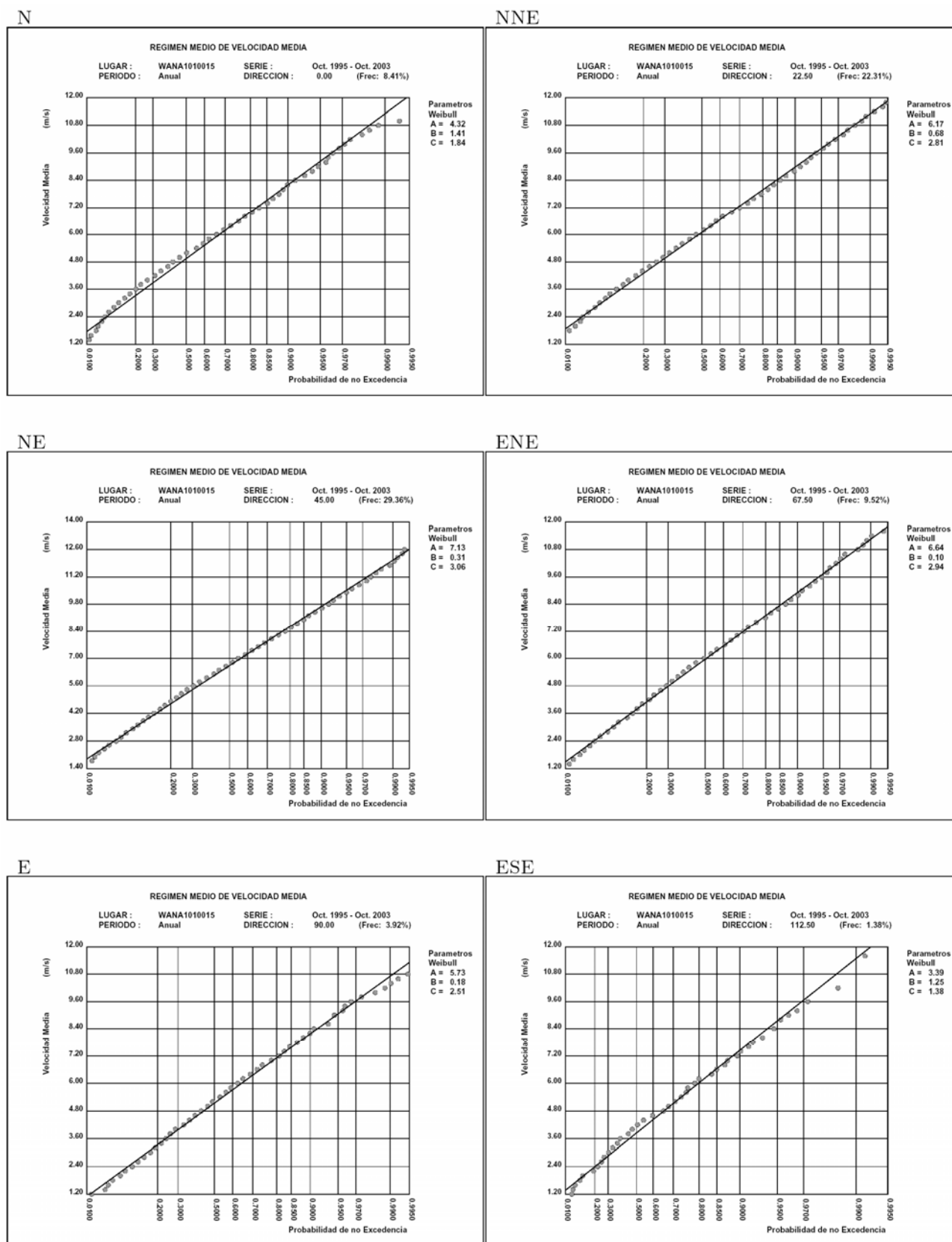
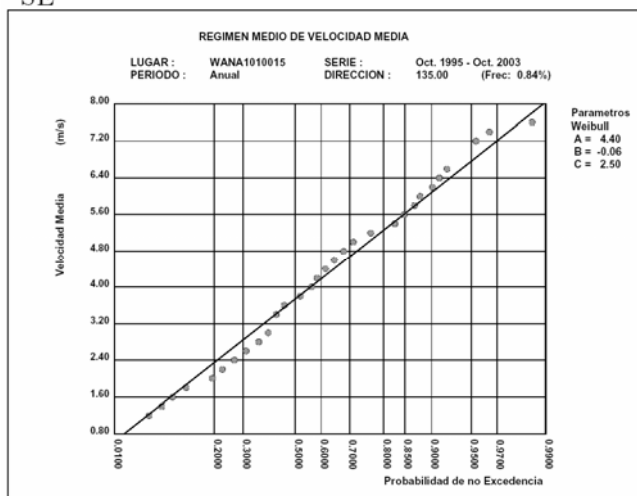
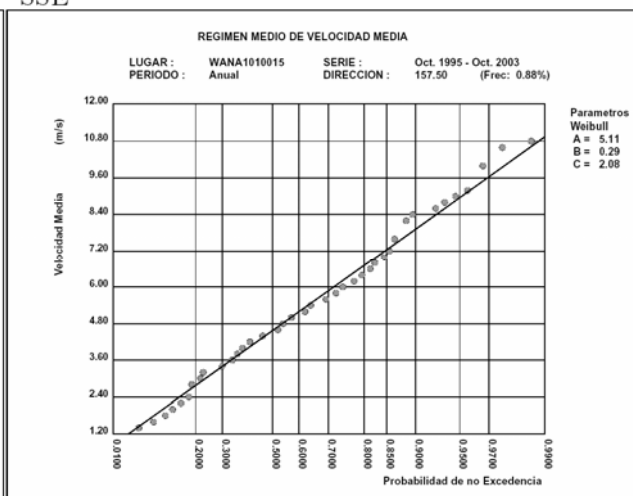


Figura 179 .- Regímenes medios direccionales anuales /1

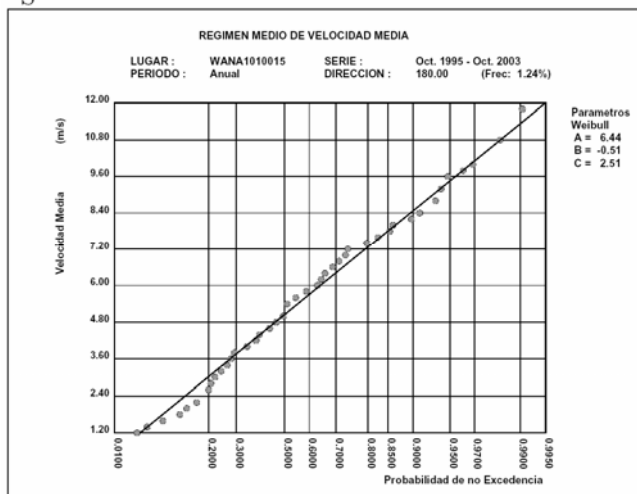
SE



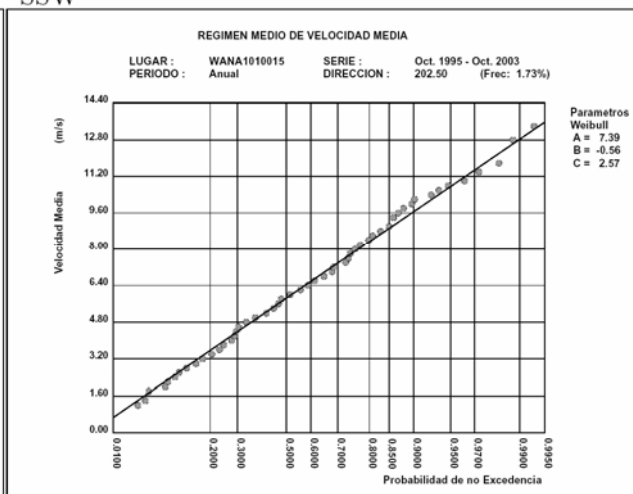
SSE



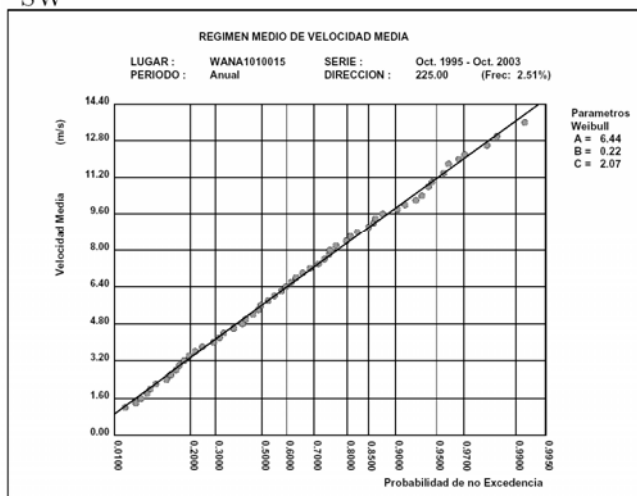
S



SSW



SW



WSW

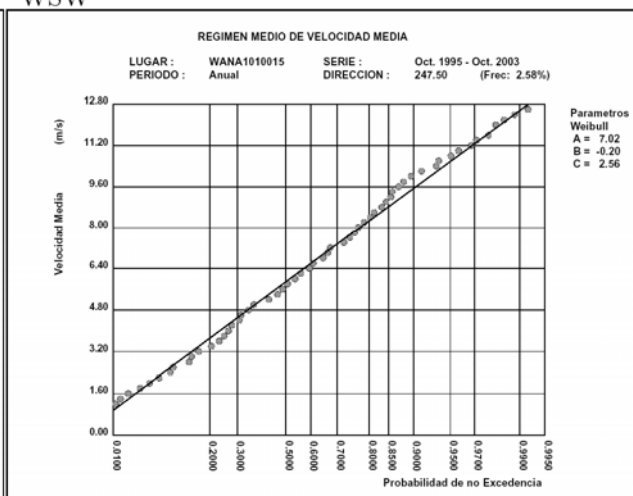


Figura 180 .- Regímenes medios direccionales anuales /2

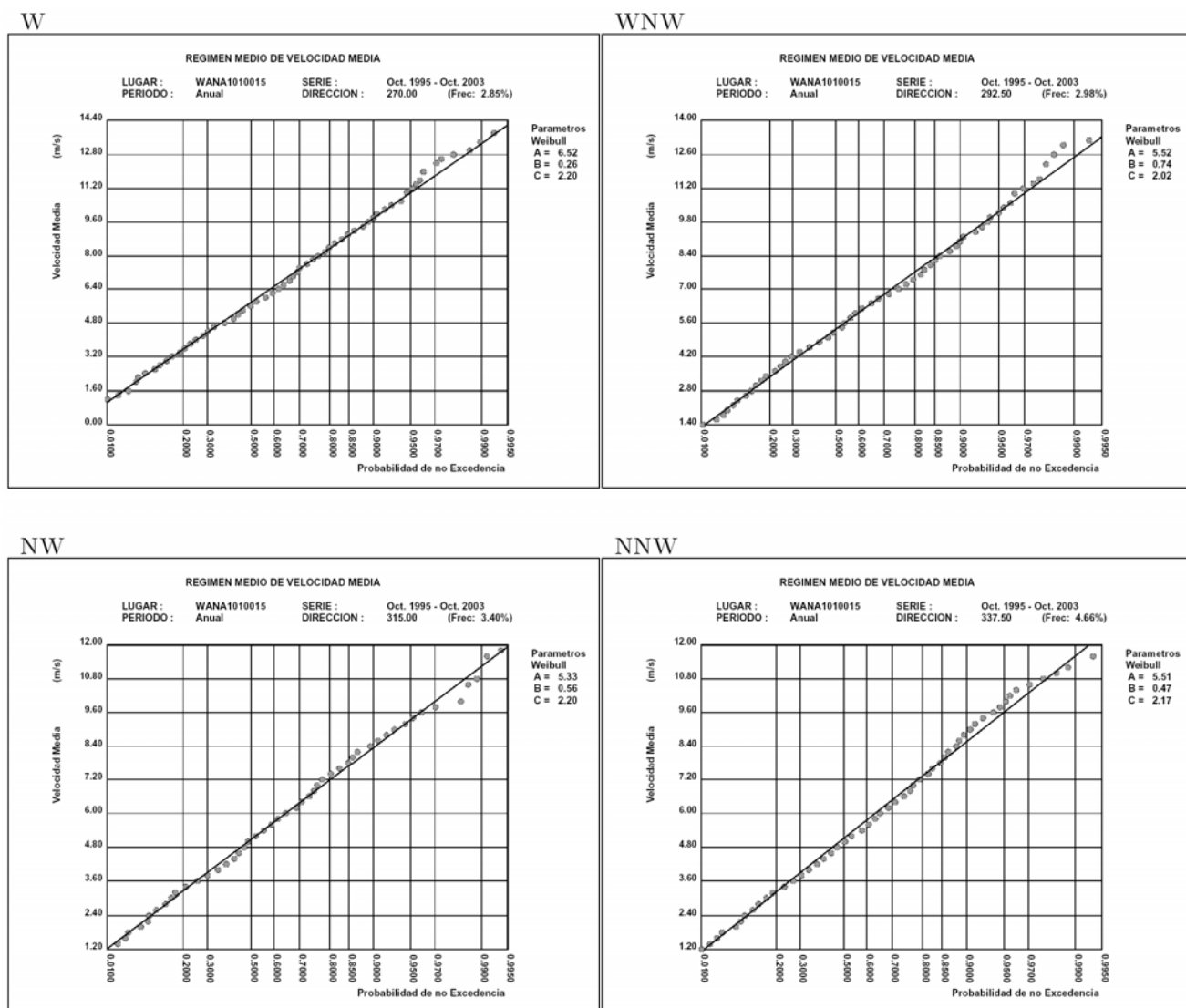


Figura 181 .- Regímenes medios direccionales anuales /3

3.2.6.4.2.2. Regímenes medios direccionales estacionales

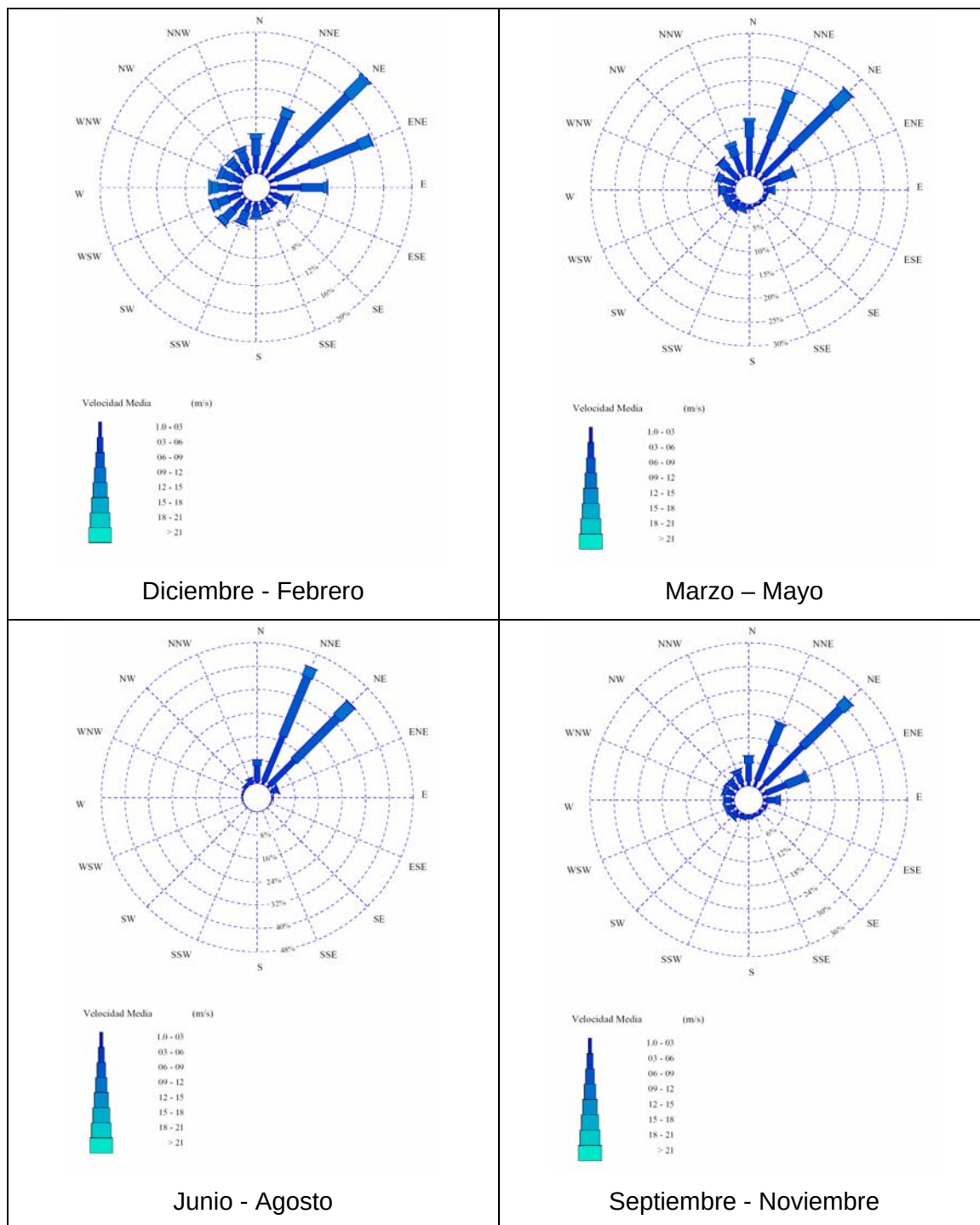
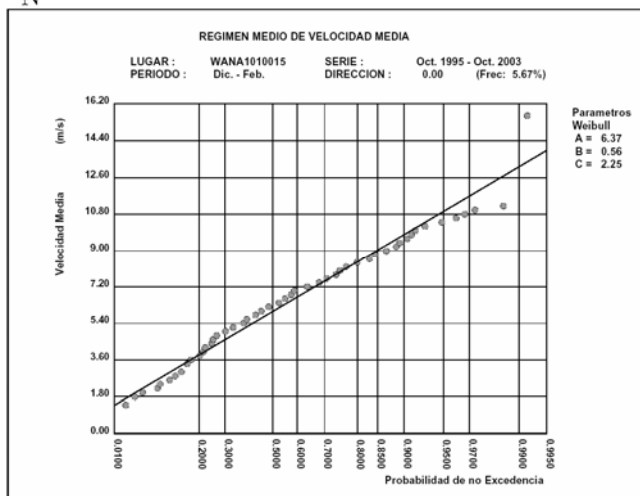


Figura 182 .- Rosas de viento estacionales en el punto WANA 1010015

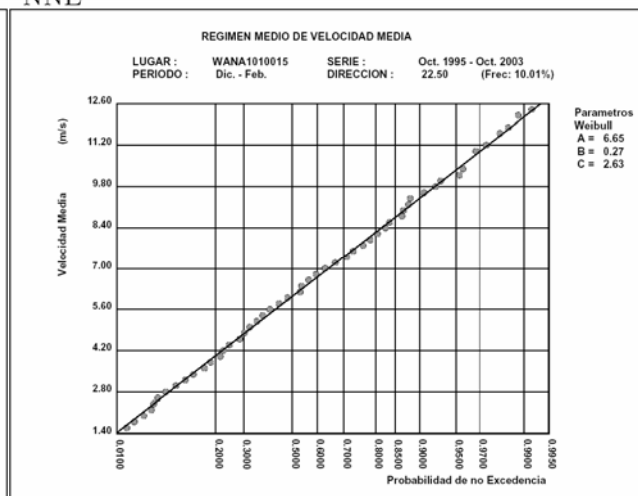
En la Figura 112 se recogen los regímenes medios direccionales estacionales de los sectores más representativos que afectan a la costa.



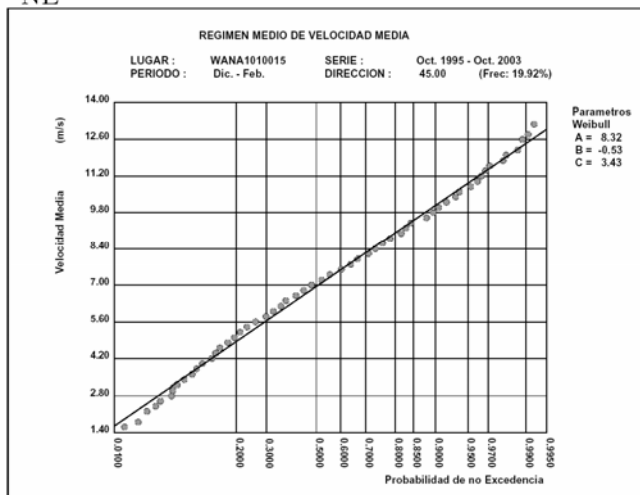
N



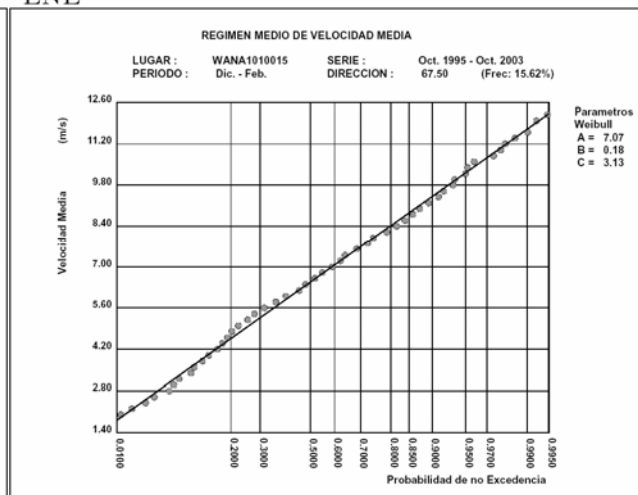
NNE



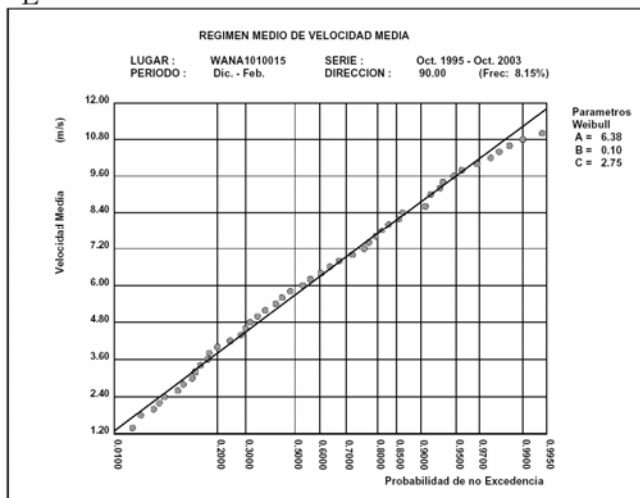
NE



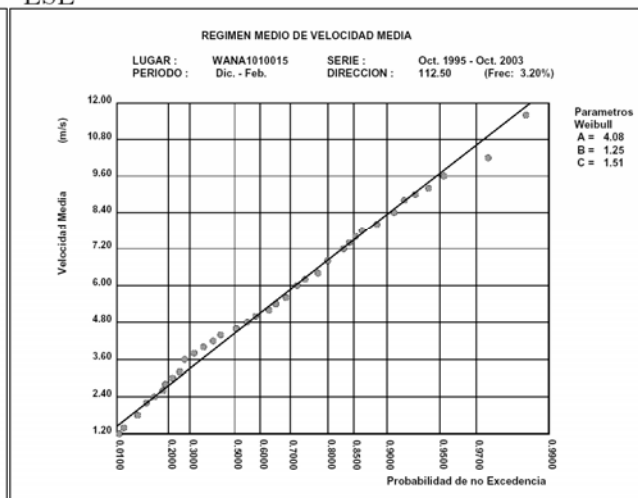
ENE



E



ESE

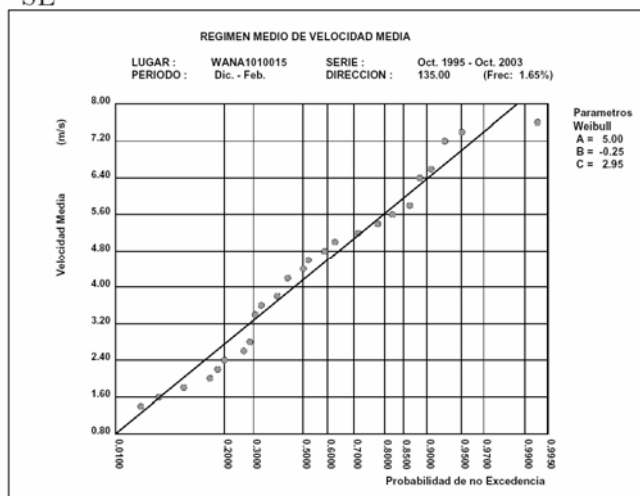


ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

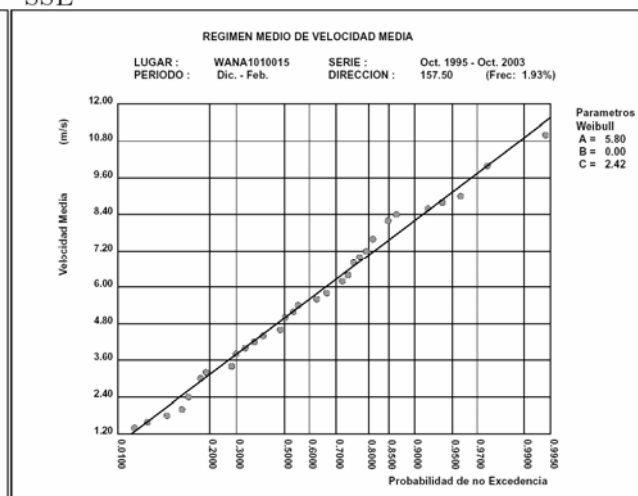
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC



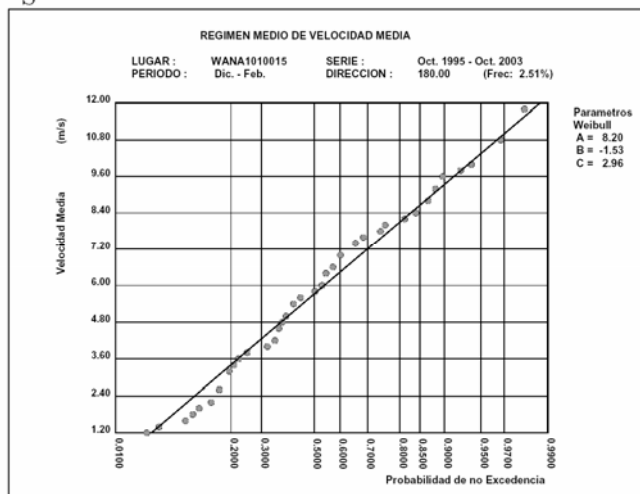
SE



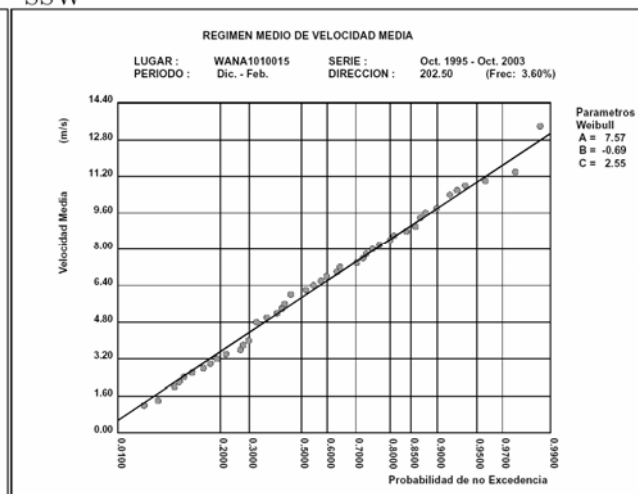
SSE



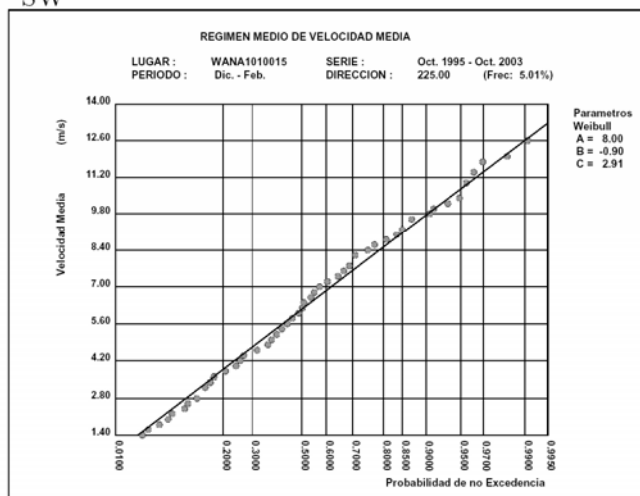
S



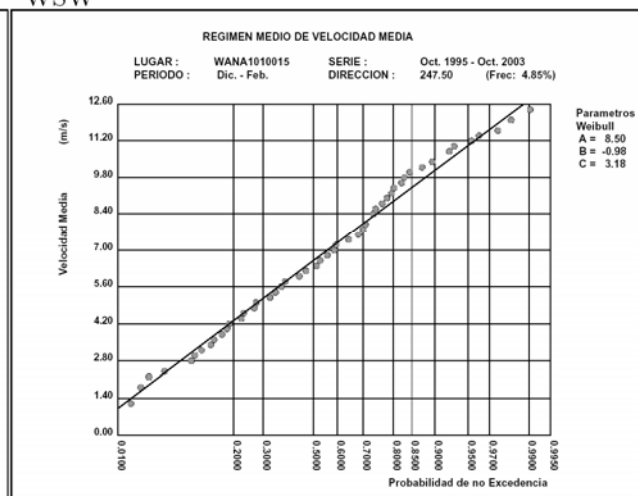
SSW



SW



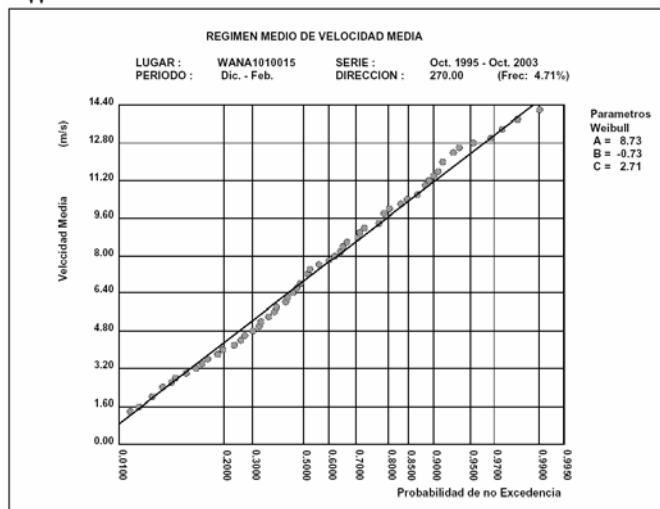
WSW



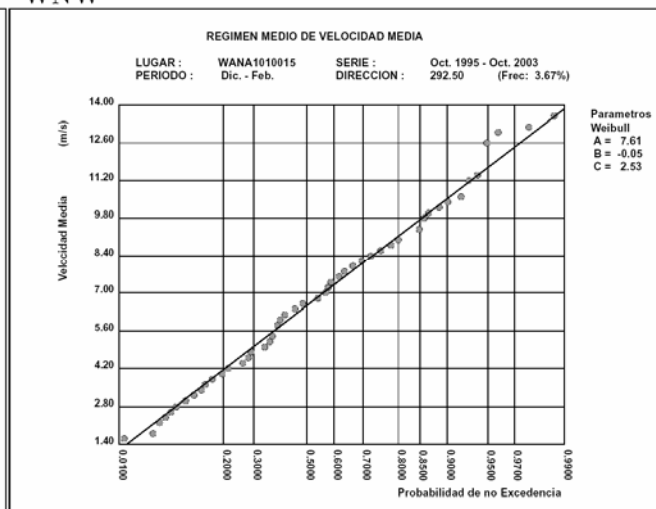
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

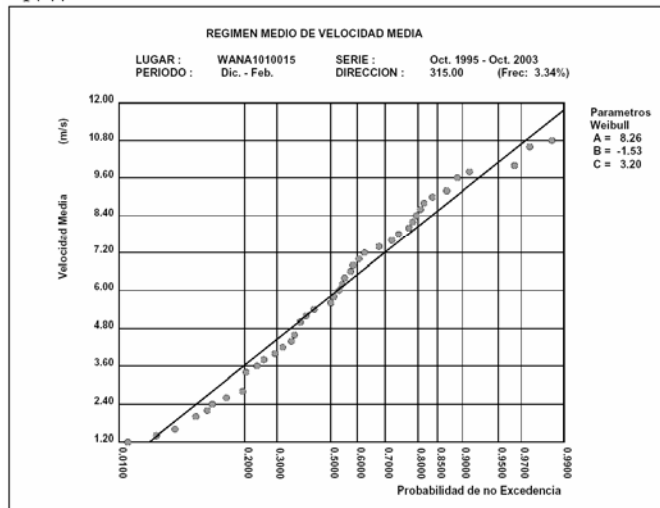
W



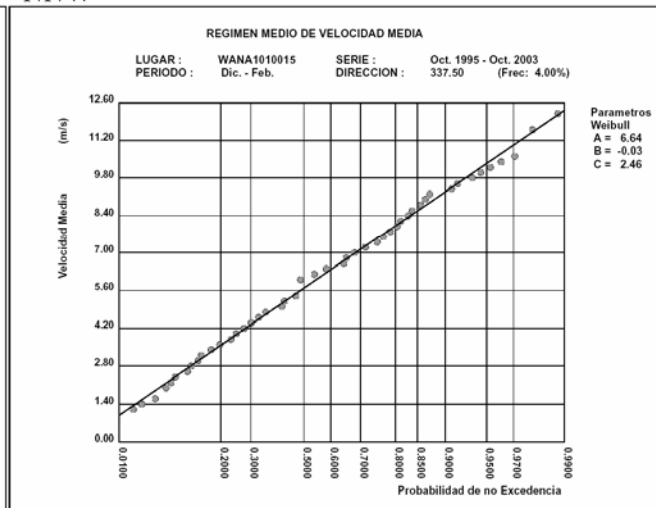
WNW



NW

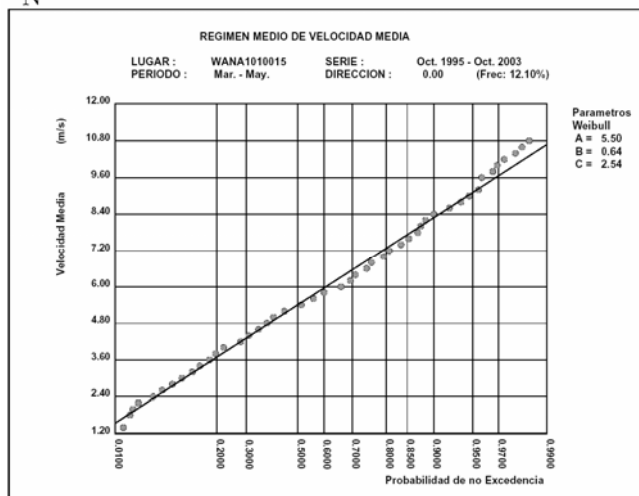


NNW

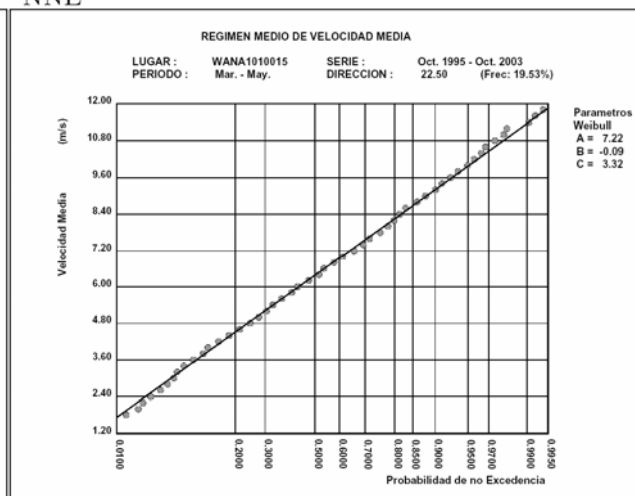


Diciembre - Febrero

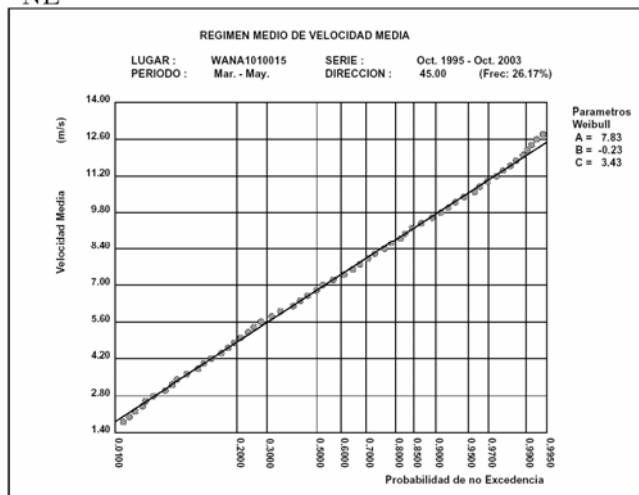
N



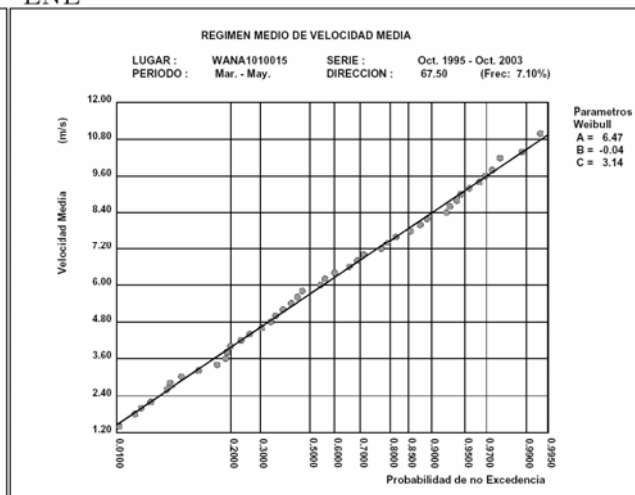
NNE



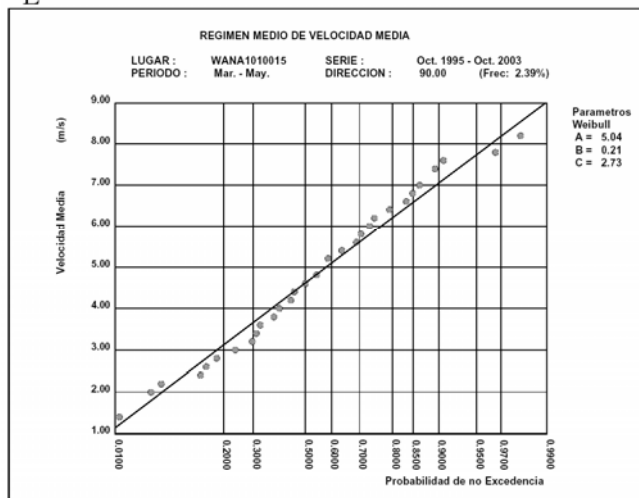
NE



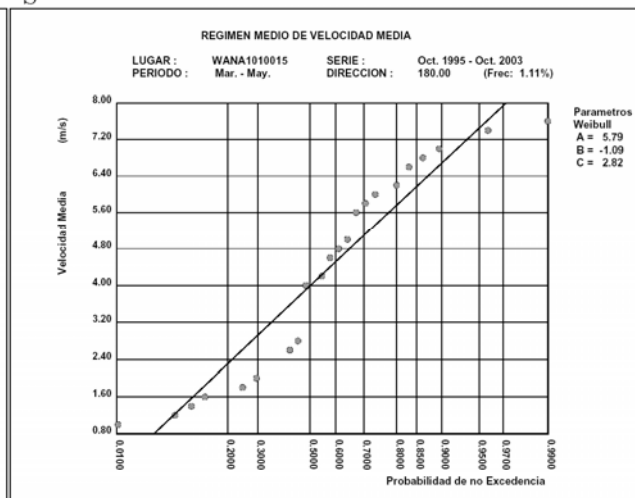
ENE



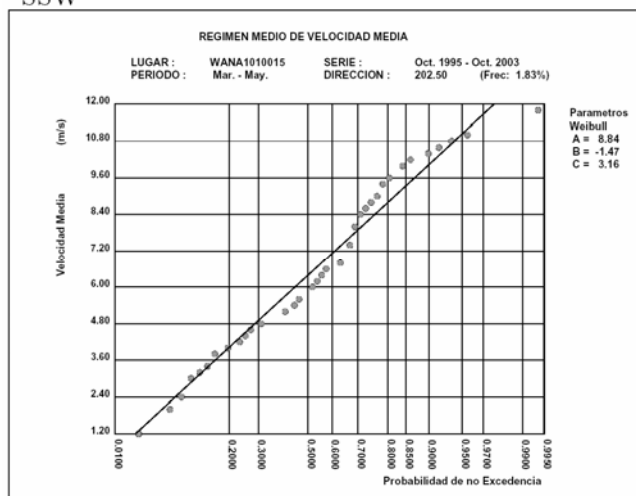
E



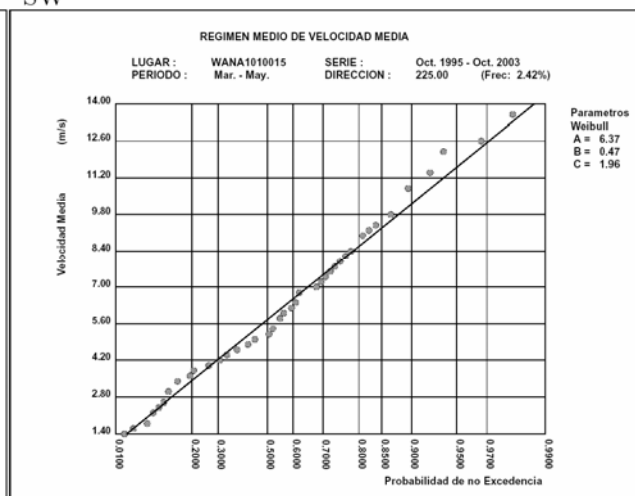
S



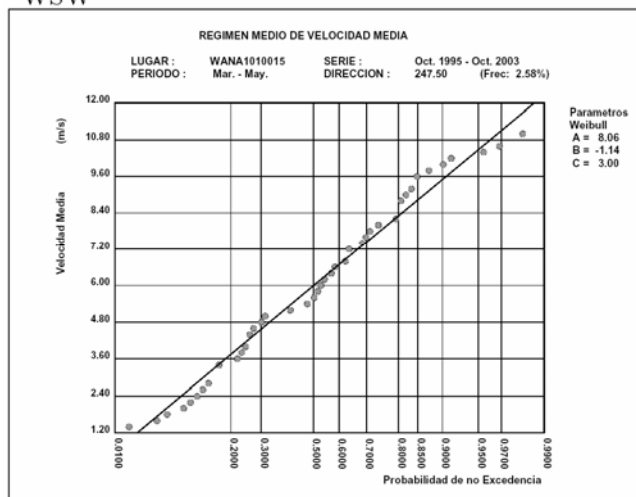
SSW



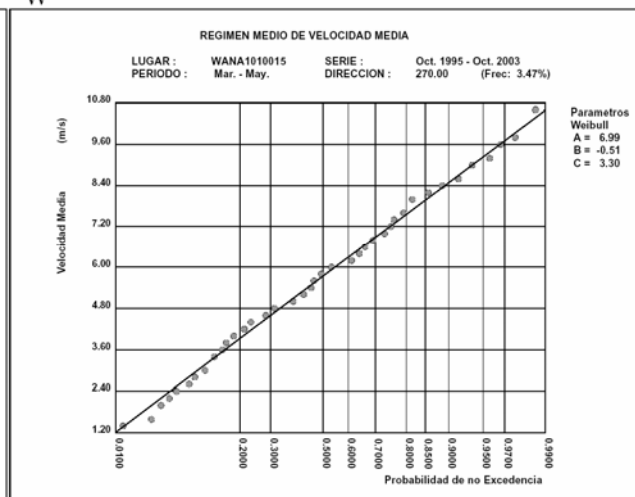
SW



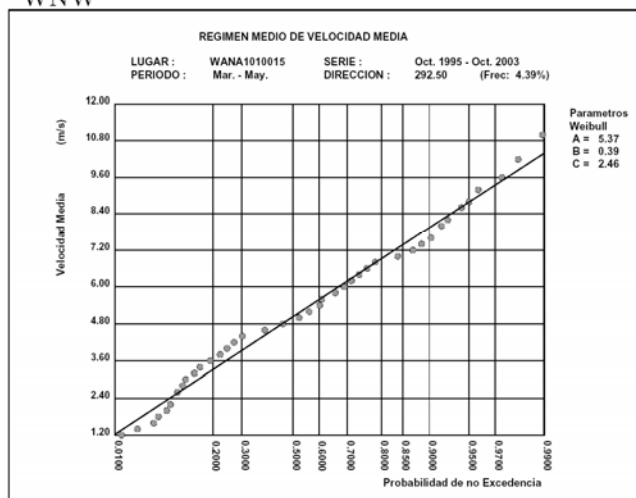
WSW



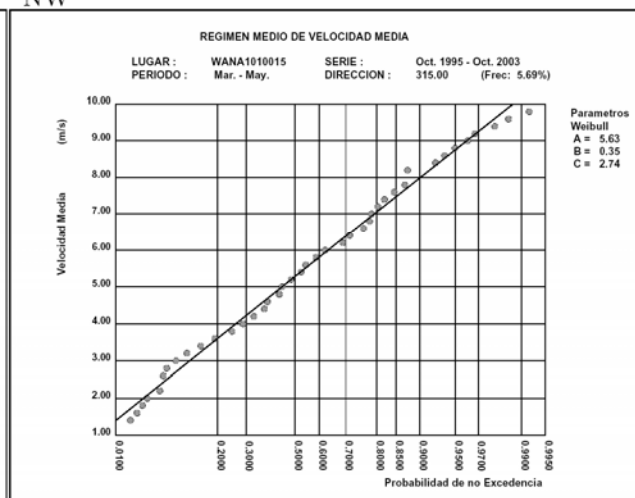
W



WNW



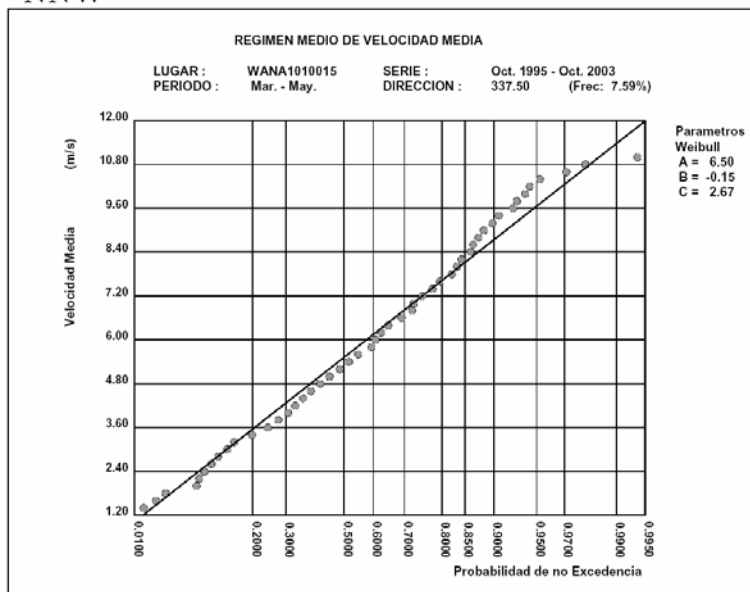
NW



ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

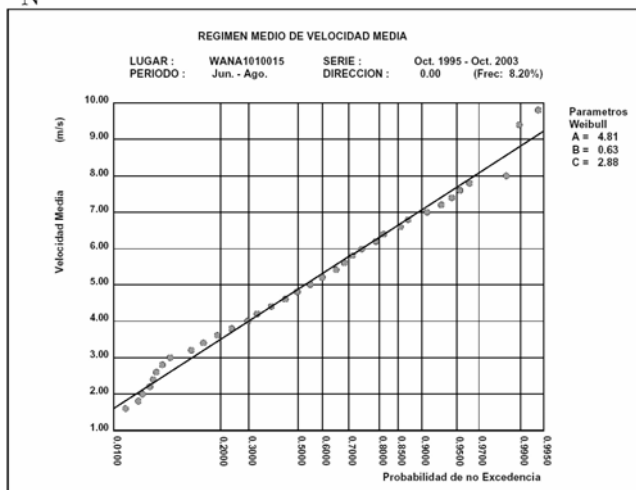
P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

NNW

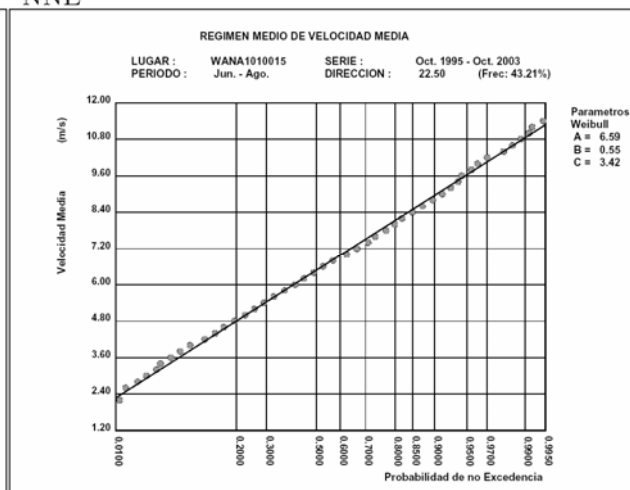


Marzo - Mayo

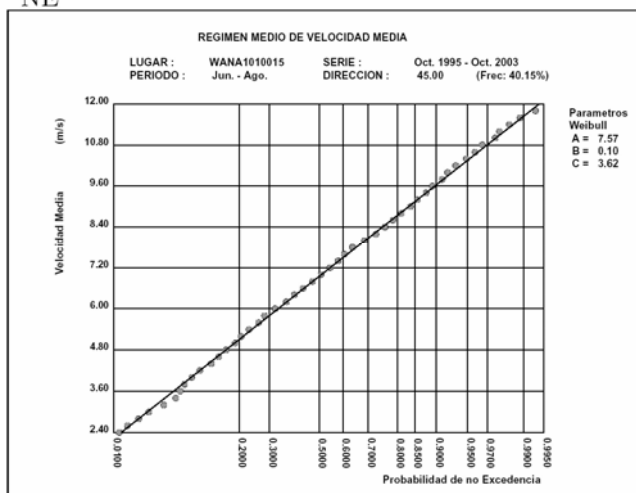
N



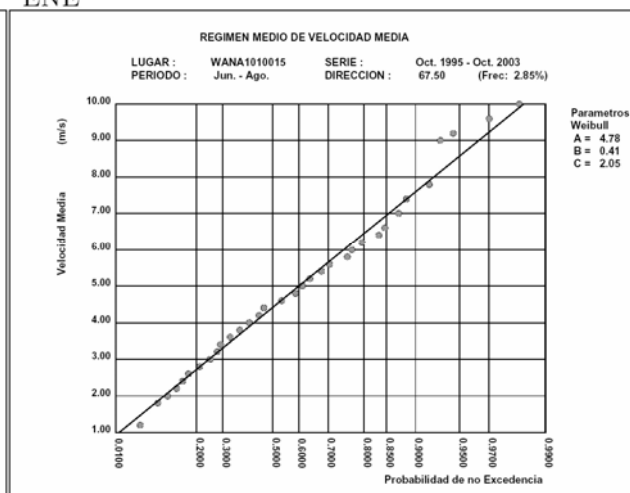
NNE



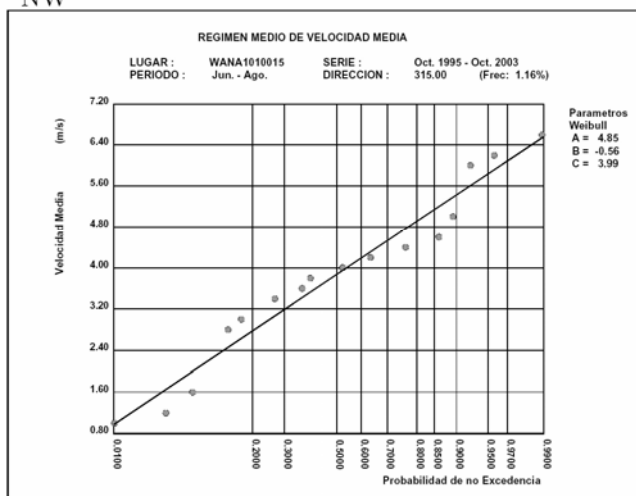
NE



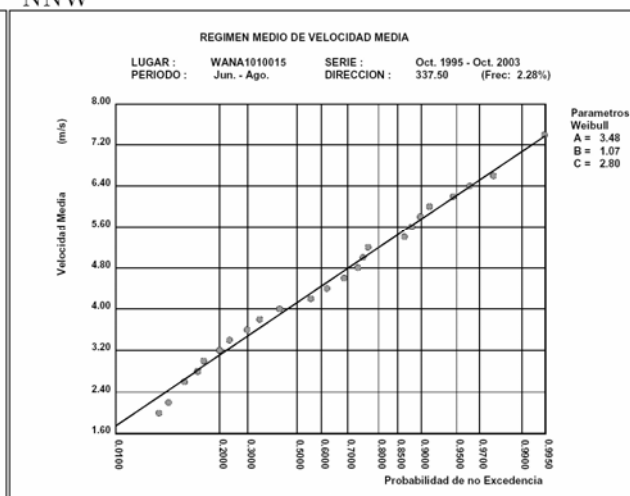
ENE



NW



NNW



Junio – Agosto

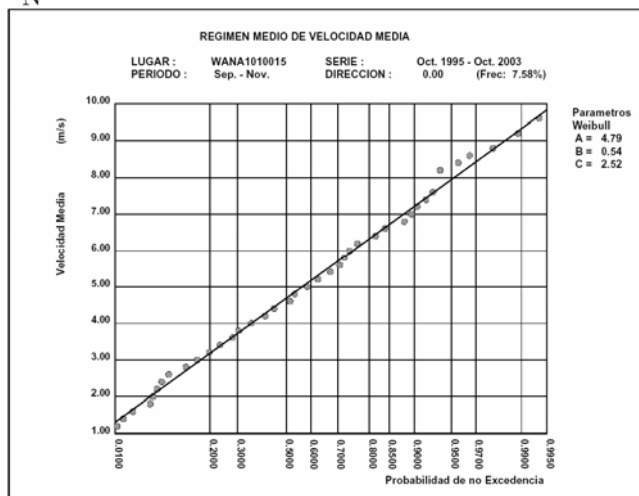
ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

P02202_ATLP_DINAMICA_V02.DOC

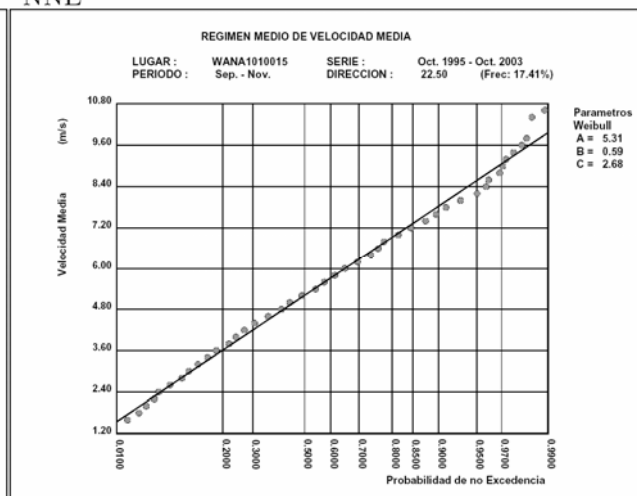
Página 246



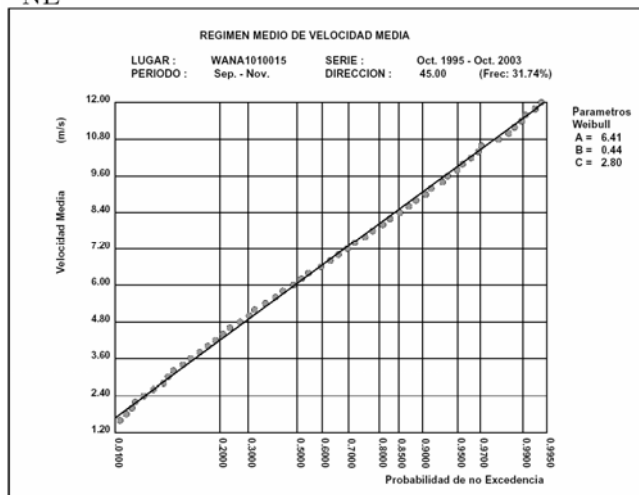
N



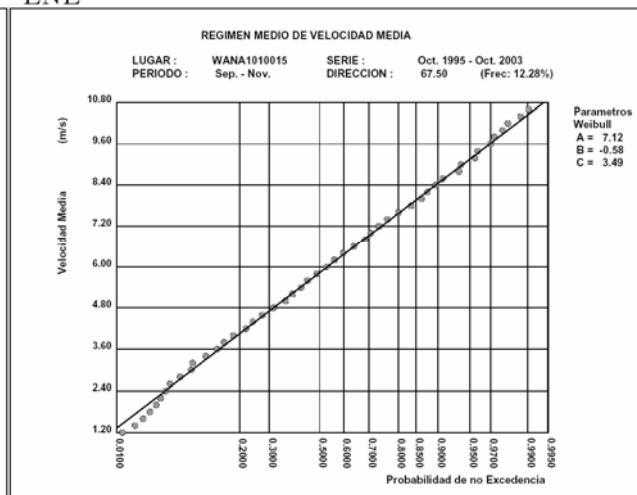
NNE



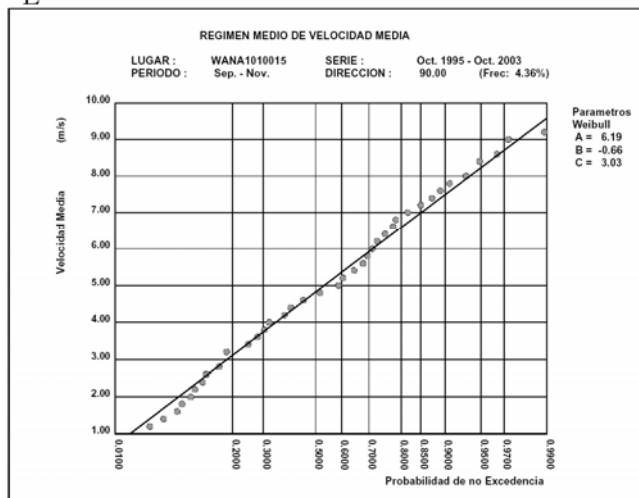
NE



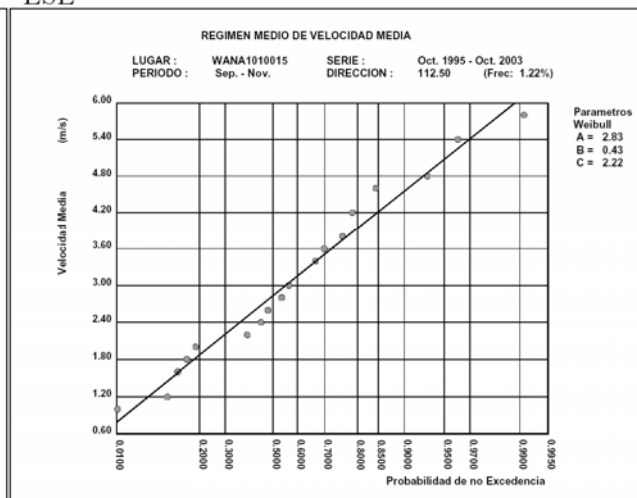
ENE



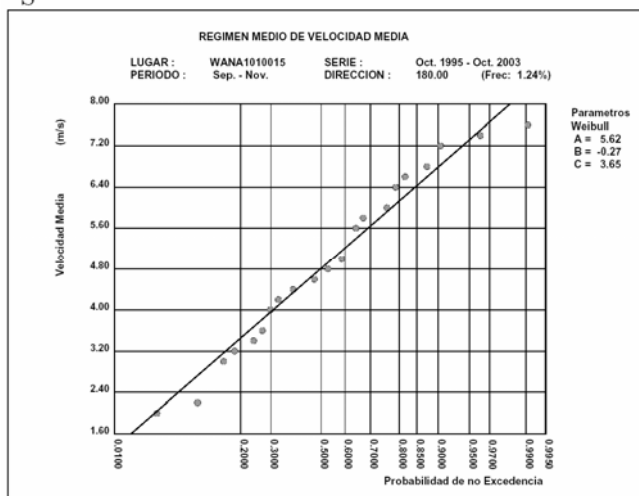
E



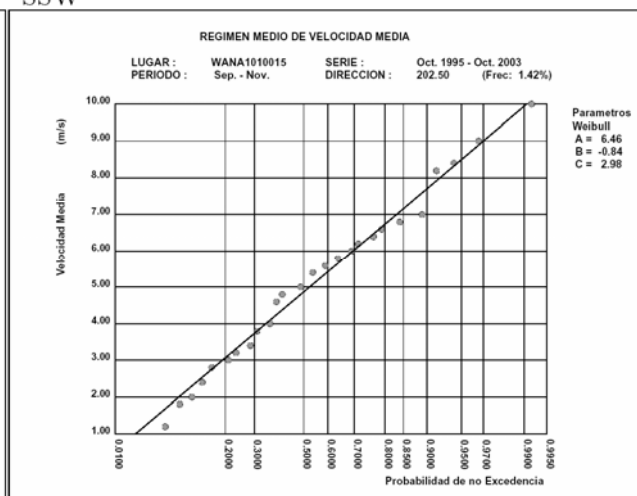
ESE



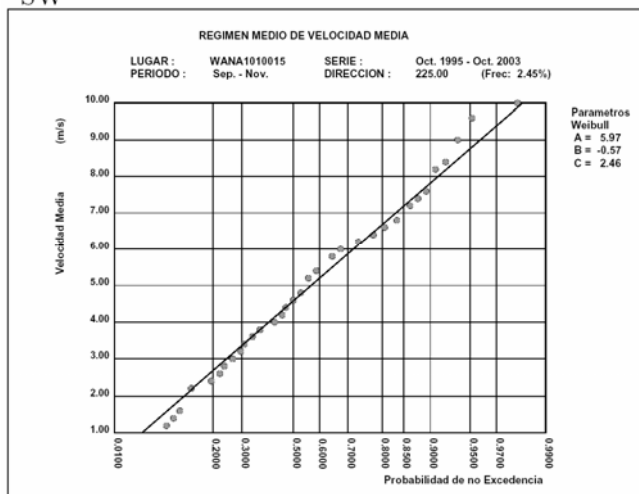
S



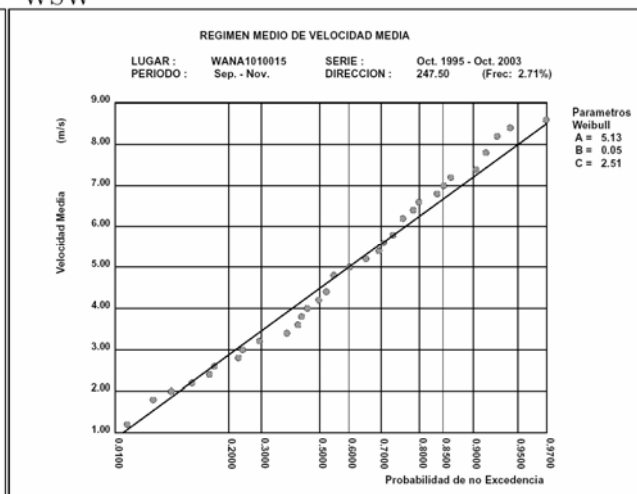
SSW



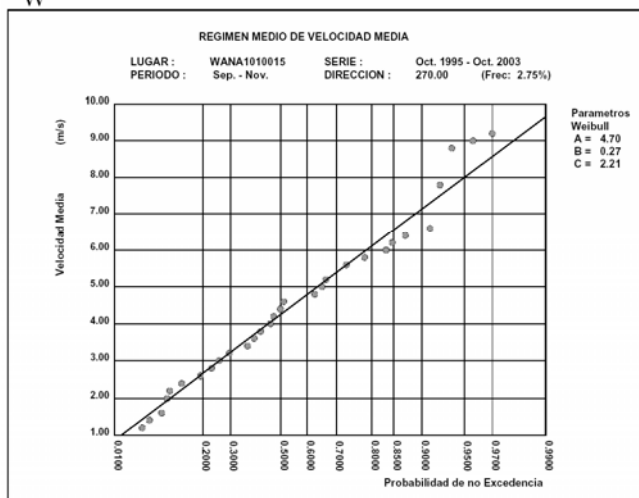
SW



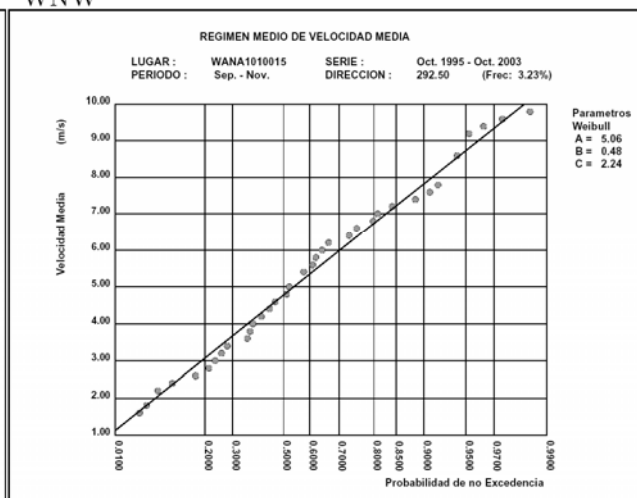
WSW

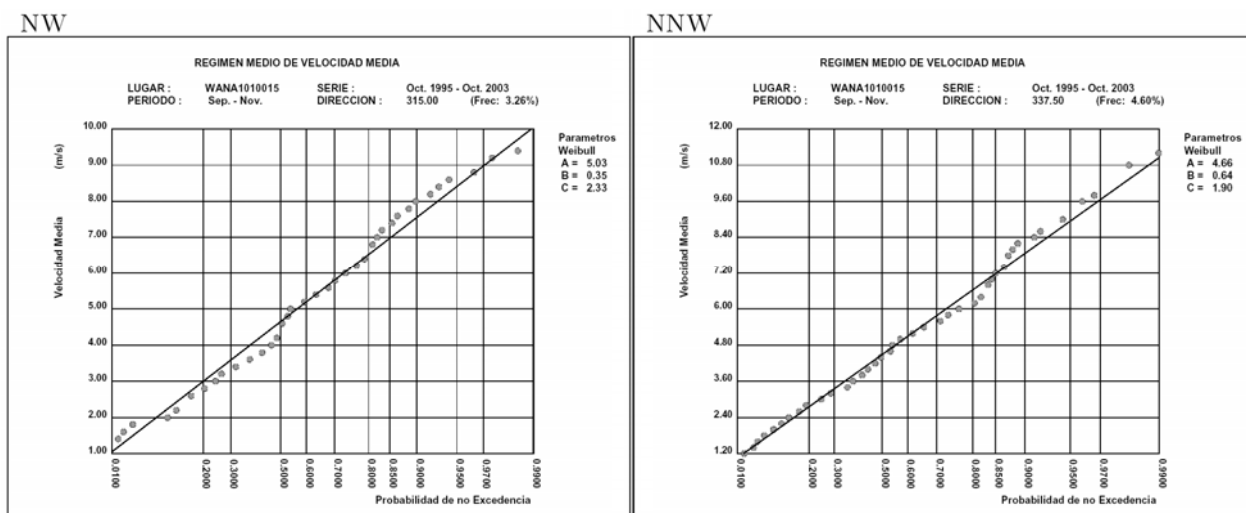


W



WNW





Septiembre – Noviembre

Figura 183 .- Regímenes medios direccionales estacionales de los sectores representativos

3.2.7. Referencias

3.2.7.1. El modelo WAM

El modelo WAM de generación de oleaje (WAMDI, 1988), en su versión 4 (Günther et al., 1991), integra la ecuación básica de transporte. Esta ecuación describe la evolución de un espectro bidimensional de energía de oleaje con respecto a la frecuencia y dirección sin hacer ninguna presunción inicial sobre la forma del espectro.

Este modelo fue desarrollado por un amplio grupo de investigadores de diferentes institutos (grupo WAMDI), siguiendo las recomendaciones derivadas del proyecto "Sea Wave Modeling Project" (grupo SWAMP, 1985). Uno de los objetivos del grupo fue montar y poner en servicio rutinario una aplicación global del modelo en el Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF), lo que se consiguió en 1992 (Günther et al., 1992). Desde 1986, CM ha pertenecido al grupo y ha participado en diferentes aspectos del trabajo (Carretero and Günther, 1992). El informe final del grupo se publicó en 1994 (Komen et al, 1994).

El espaciamiento máximo admisible en la costa para una aplicación local ha de ser igual o menor de 0.5 grados, y por otra parte, ha de modelarse un área lo suficientemente grande de océano como para tener en cuenta el mar de fondo generado a gran distancia de la costa; por ejemplo, el Océano Atlántico Norte ha de ser modelado para estudiar la costa atlántica española. Utilizar un espaciamiento tan pequeño para un área tan grande es muy costoso desde el punto de vista computacional. El anidamiento de mallas es una solución, y existe como opción en el ciclo 4; el usuario puede procesar el modelo utilizando una malla gruesa para producir condiciones de contorno para una malla más pequeña y de más resolución. La ventaja de utilizar el anidamiento frente a cubrir toda la zona con una malla fina es evidente, pero existen problemas técnicos que hay que considerar; por ejemplo, para cada paso de tiempo de propagación y para cada punto de contorno ha de almacenarse en el disco el espectro procedente de la malla gruesa, otra desventaja es que en los puntos que pertenecen a más de una malla (puntos coincidentes de la malla fina y malla gruesa), la ecuación ha de integrarse innecesariamente mas de una vez por paso de tiempo. Tampoco hay que olvidar los tiempos de escritura y lectura de condiciones de contorno.

Para minimizar estos problemas, CM modificó el modelo para dotarle de la opción de utilizar un anidamiento en dos sentidos, (Gómez Lahoz, Carretero Albiach, 1997). Con este sistema se integra la ecuación en el mismo paso de tiempo para todos los puntos, y al poder definir

el espaciamiento dependiendo de la situación del punto en la malla, en la práctica funciona como un esquema de espaciamiento variable. La resolución aumenta a través de sucesivos rectángulos de espaciamiento regular en un área, o en varias si se desea. En los límites de estos rectángulos, la malla no es continua, y algunos puntos obtienen energía por interpolación y otros por advección.

Utilizando este esquema de anidamiento en dos sentidos, se ha desarrollado una aplicación para la costa española. La malla del modelo de oleaje define la Costa Atlántica Española con una resolución de un cuarto de grado, y la Costa Mediterránea con un octavo de grado, por lo tanto los datos producidos cerca de la costa ya tienen en cuenta apantallamientos del oleaje por la costa (aunque con la limitación de esta resolución). La versión del modelo utilizada para el Atlántico es de aguas profundas, y por lo tanto no se tiene en cuenta ningún fenómeno producido por el fondo marino. Para el Mediterráneo se utiliza la versión de aguas someras y por lo tanto se tiene en cuenta la atenuación y refracción causadas por el fondo marino en los puntos de malla (pocos) que pueden considerarse como aguas someras. La información producida por el modelo para cada punto de malla es el espectro direccional de energía de oleaje, de donde se puede extraer gran cantidad de información, por ejemplo. Hs, Tp, Tm, dirección media, componentes de mar de viento, de mar de fondo, etc.

3.2.8. Referencias científicas

Carretero J.C. and Günther H., 1992, "Wave Forecast performed with the WAM model at the ECMWF. Statistical analysis of a One Month Period (November 1988)", Dirección General de Puertos, Programa de Clima Marítimo MOPT. No. 49, Spain.

Gómez M., Carretero J.C., 1994, "Implementation of a high resolution third generation model on the Atlantic Coast of Spain", PIANC Bulletin No. 83/84, Belgique.

Günther H., Hasselman S., Janssen P.A.E.M., 1991, "Wamodel Cycle 4", Technical Report No. 4, Deutsches KlimaRechenZentrum, Germany.

H. Günther, P. Lionello, P.A.E.M. Janssen, L. Bertotti, C. Brüning, J.C. Carretero, L. Cavaleri, A. Guillaume, B. Hansen, S. Hasselman, K. Hasselman, M. de las Heras, A. Hollingsworth, M. Holt, J.M. Lefevre, R. Portz, 1992, "Implementation of a third generation ocean wave model at the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.", ECMWF Technical Report No. 68, UK.

G.J Komen, L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, P.A.E.M. Janssen, 1994, "Dynamics and Modelling of Ocean Waves", Cambridge University Press, UK.

SWAMP Group, 1985, "Sea Wave Modelling Project (SWAMP). An intercomparison study of wind wave prediction models. Part 1: Principal results and conclusions. Ocean Wave Modelling.", Plenum Press.

WAMDI Group: S. and K. Hasselman, P.A.E.M. Janssen, G.J. Komen, L. Bertotti, P. Lionello, A. Guillaume, V.C. Cardone, J.A. Greenwood, M. Reistad, L. Zambresky, J.A. Ewing, 1988, "The WAM model - A third generation ocean wave prediction model" *J. Phys. Oceanogr.*, 18, 1775-1810.

M. Gómez Lahoz, J. C. Carretero Albiach, 1997, "A Two-Way Nesting Procedure for the WAM model: Application to the Spanish Coast.", *J. Offshore Mechanics and Artic Engineering*, Feb 1997, Vol. 119 (in press).

Hasselmann, K., Barnett, T.P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D.E., Enke, K., Ewing, J.A., Gienapp, H., Hasselmann, D.E., Kruseman, P., Meerburg, A., Muller, P., Olbers, D.J., Richter, K., Sell, W. y Walden, H., (1973). "Measurement of Wind-Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)". Report, German Hydrographic Institute, Hamburg, 1973.

3.3. Clasificación de las playas

Según lo indicado en la base de datos, se ha catalogado un total de 48 playas. De ellas, se ha ejecutado, en base a diferentes criterios, la clasificación de las mismas. Los criterios escogidos han sido los siguientes:

- ☐ Longitud
- ☐ Anchura media
- ☐ Tipo y tamaño de árido
- ☐ Pendiente
- ☐ Exposición al oleaje
- ☐ Estado evolutivo

Los subapartados siguientes detallan la clasificación, ordenando las playas por orden alfabético dentro de cada municipio.

3.3.1. Longitud

La longitud de las playas de la isla de La Palma se encuentre entre un mínimo de 7 m (Playa del Poris de Punta Gorda, en el T.M. de Punta Gorda) y un máximo de 680 m (Playa del Puerto de Tazacorte, en el T.M. de Tazacorte).

La clasificación se ha realizado en base a los intervalos indicados en la Tabla 6. La Tabla 7 muestra las 48 playas censadas, ordenadas de menor a mayor longitud. La Figura 184 muestra la distribución de playas, atendiendo a su longitud.

Longitud	nº Playas
0 - 25 m	3
25 - 50 m	5
50 - 100 m	8
100 - 200 m	13
200 - 300 m	9
300 - 400 m	4
400 - 500 m	3
500 - 600 m	2
600 - 700 m	1
Total	48

Tabla 6.- Intervalos de longitudes de playas

Nombre	Municipio	Longitud [m]
PORIS DE PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	7.00
FAJANA DE BARLOVENTO	BARLOVENTO	15.00
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	20.00
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	30.00
LAS CABRAS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	40.00
CALA ABADAJO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	50.00
SUR PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	50.00
EL HOYO	VILLA DE MAZO	50.00
LA VETA	TIJARAFE	50.00
ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	65.00
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	70.00
LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	70.00
PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	80.00
POZO SUR	VILLA DE MAZO	90.00
ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	90.00
FARO DE FUENCALIENTE	FUENCALIENTE DE LA PALMA	100.00
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	110.00
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	130.00
EL PUERTITO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	130.00
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	150.00
PELOTA BAYANA	LOS LLANOS DE ARIDANE	150.00
MARTÍN LUIS	PUNTA LLANA	150.00
EL POCITO (LA MARTINA)	VILLA DE MAZO	175.00
NUEVA (MANGON)	TAZACORTE	200.00
LA ZAMORA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	200.00
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	200.00
ARENAS BLANCAS (SALAMERAS)		
SALEMERA, SALINERA	VILLA DE MAZO	200.00
LA GALGA	PUNTA LLANA	200.00
LAGO DE LAS DAMAS (CHARCÓN)	TAZACORTE	200.00
EL BURRO	VILLA DE MAZO	220.00
EL JORADO	TAZACORTE	230.00
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	250.00
MURGAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	250.00
NUEVA (ECHENTIVE - MALPIQUE)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	250.00
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	250.00
MARTÍN	VILLA DE MAZO	280.00
EL PORIS (MONTES DE LUNA)	VILLA DE MAZO	300.00

Nombre	Municipio	Longitud [m]
LOS ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	300.00
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	310.00
TAZACORTE	TAZACORTE	360.00
LA BOMBILLA	TAZACORTE	400.00
BAJAMAR	BREÑA ALTA	400.00
PUERTO NAOS	LOS LLANOS DE ARIDANE	410.00
FAJANA DE LOS FRANCESES	GARAFÍA	470.00
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	500.00
EL GUIRRE (LAS HOYAS)	TAZACORTE	550.00
NOGALES	PUNTA LLANA	575.00
PUERTO DE TAZACORTE	TAZACORTE	680.00

Tabla 7.- Playas ordenadas por longitud

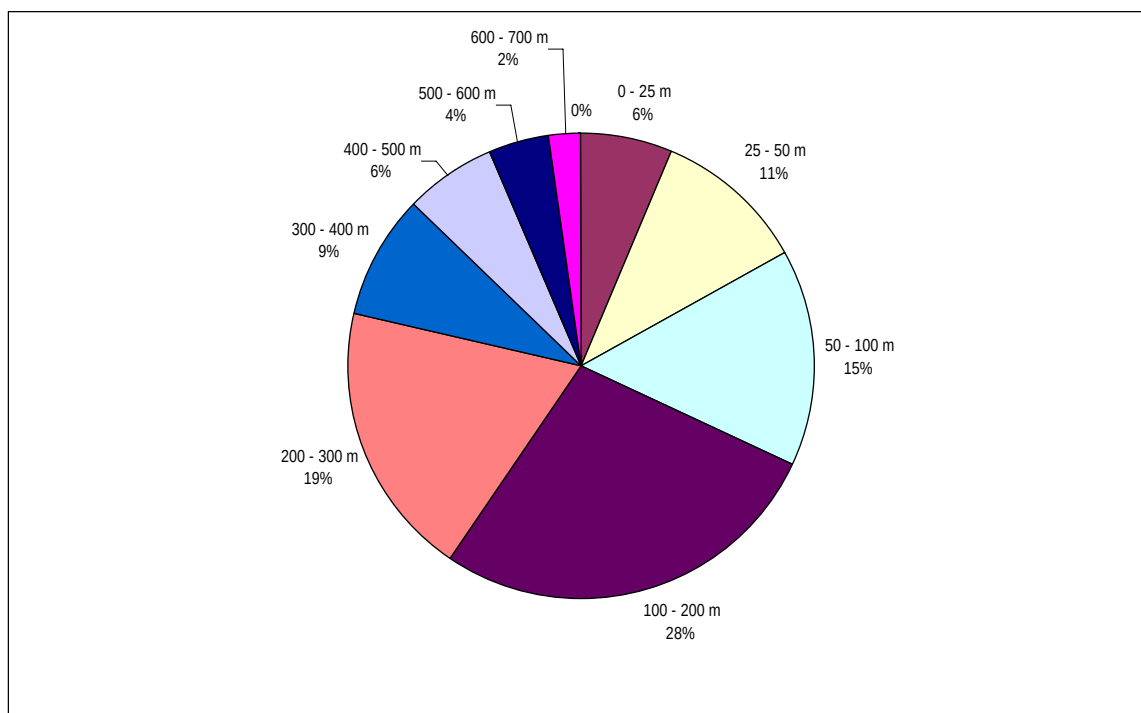


Figura 184 .- Distribución de playas según su longitud

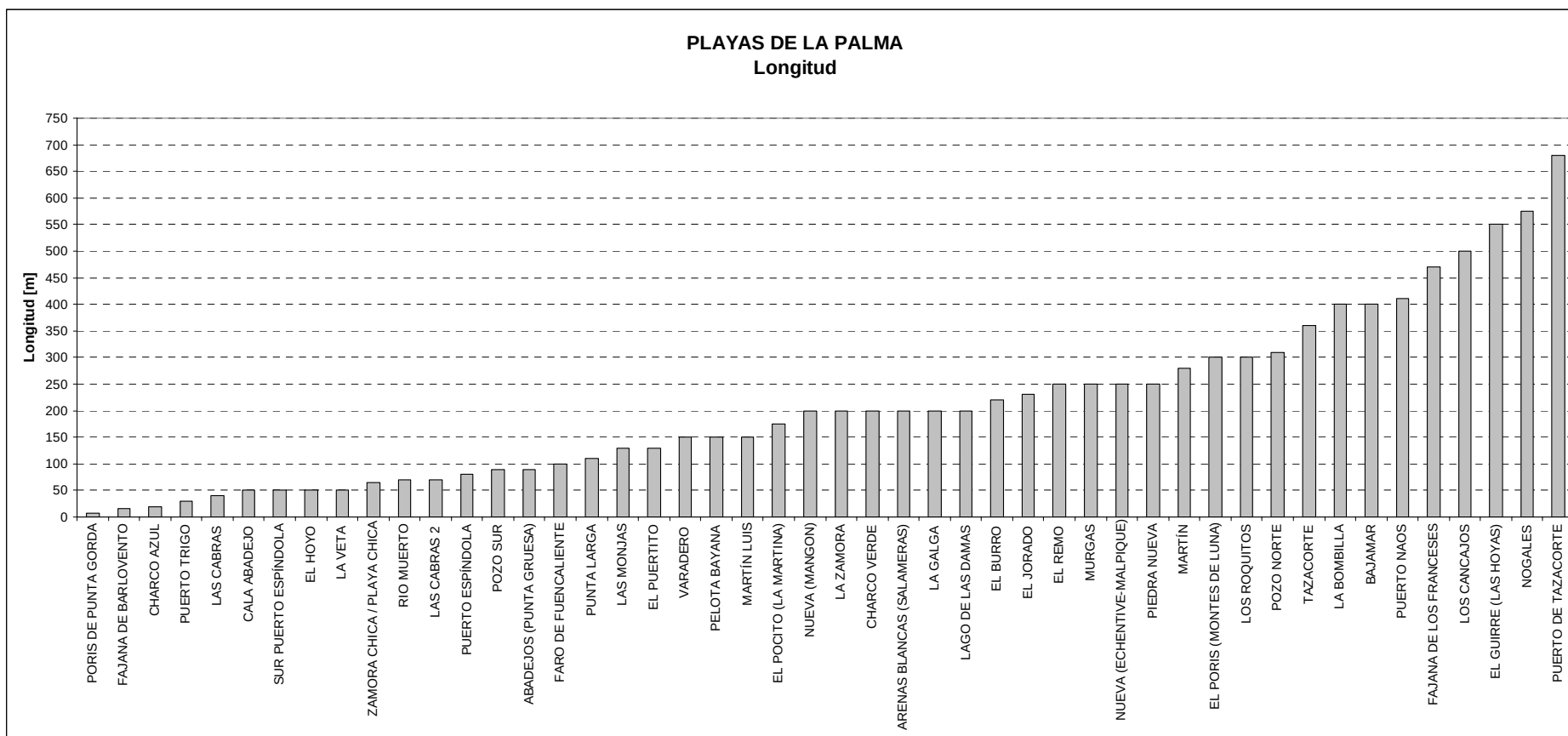


Figura 185 .- Longitud de las playas de La Palma

3.3.2. Anchura media

La anchura media de las playas de La Palma se encuentra entre los 5 m del Poris de Punta Gorda (T.M. de Punta Gorda) y los 95 de la playa de Charco Verde (T.M. de Los Llanos de Aridane). La Tabla 8 muestra la distribución de playas según los anchos medios considerados.

Anchura	nº Playas
0 - 10 m	5
10 - 20 m	11
20 - 30 m	12
30 - 40 m	9
40 - 50 m	4
50 - 75 m	5
75 - 100 m	2

Tabla 8.- Intervalos de anchura de playa considerados

Nombre	Municipio	Anchura [m]
PORIS DE PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	5
PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	5
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	10
FAJANA DE BARLOVENTO	BARLOVENTO	10
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	10
EL BURRO	VILLA DE MAZO	15
SUR PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	15
NUEVA (MANGON)	TAZACORTE	18
EL JORADO	TAZACORTE	18
MARTÍN	VILLA DE MAZO	18
PELOTA BAYANA	LOS LLANOS DE ARIDANE	20
MURGAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	20
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	20
MARTÍN LUIS	PUNTA LLANA	20
EL PUERTITO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	20
LAS CABRAS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	20
LA VETA	TIJARAFE	20
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	25
EL GUIRRE (LAS HOYAS)	TAZACORTE	25
TAZACORTE	TAZACORTE	25
EL POCITO (LA MARTINA)	VILLA DE MAZO	30
POZO SUR	VILLA DE MAZO	30
CALA ABADEJO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	30

Nombre	Municipio	Anchura [m]
FARO DE FUENCALIENTE	FUENCALIENTE DE LA PALMA	30
EL PORIS (MONTES DE LUNA)	VILLA DE MAZO	30
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	30
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	30
EL HOYO	VILLA DE MAZO	30
ARENAS BLANCAS (SALAMERAS)		
SALEMERA, SALINERA	VILLA DE MAZO	35
LA BOMBILLA	TAZACORTE	40
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	40
LA GALGA	PUNTA LLANA	40
LA ZAMORA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	40
ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	40
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	40
NOGALES	PUNTA LLANA	40
LOS ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	40
LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	45
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	50
PUERTO DE TAZACORTE	TAZACORTE	50
LAGO DE LAS DAMAS (CHARCÓN)	TAZACORTE	50
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	60
FAJANA DE LOS FRANCESES	GARAFÍA	60
ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	60
PUERTO NAOS	LOS LLANOS DE ARIDANE	70
BAJAMAR	BREÑA ALTA	70
NUEVA (ECHENTIVE - MALPIQUE)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	90
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	95

Tabla 9.- Playas ordenadas por anchura media

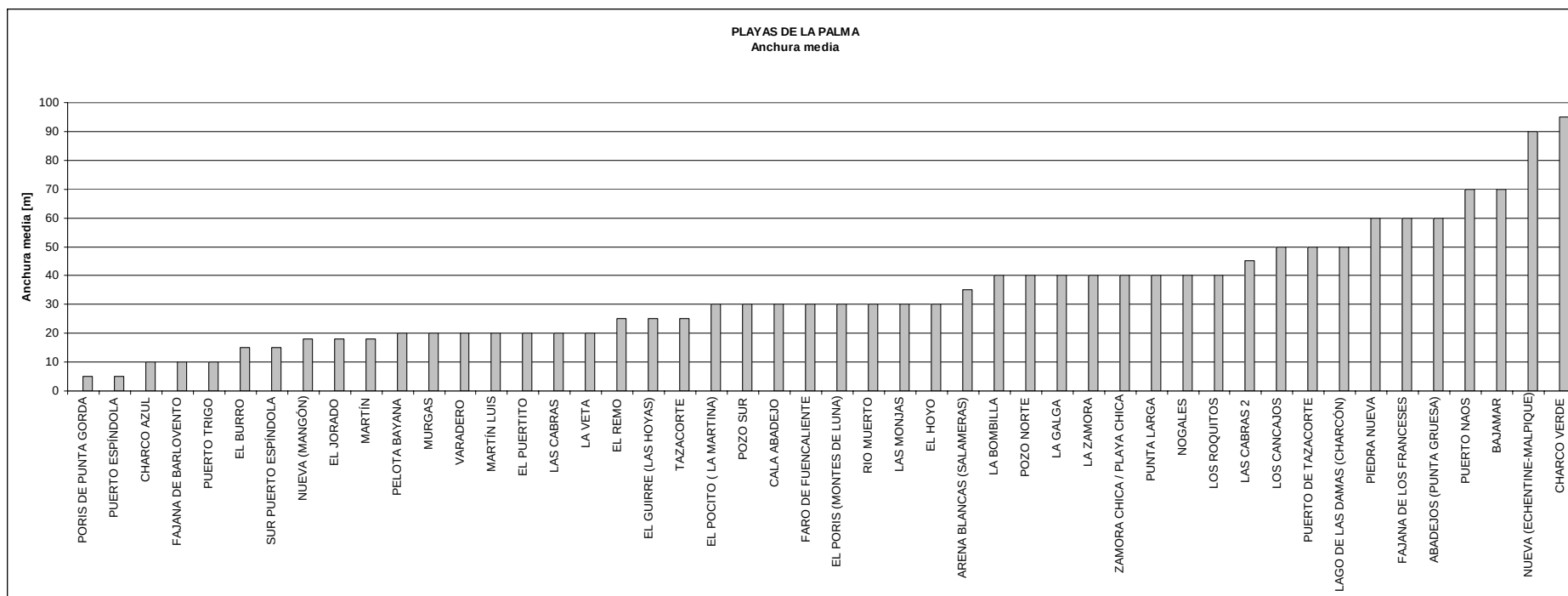


Figura 186 .- Anchura media de las Playas de La Palma

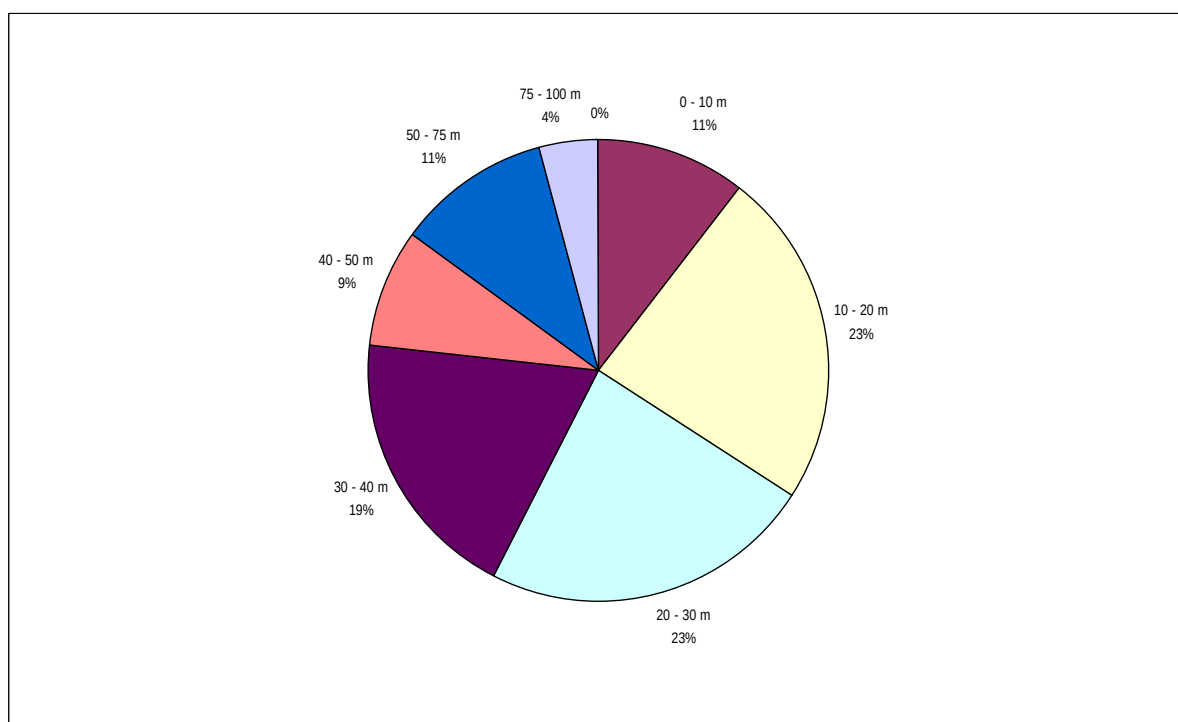


Figura 187 .- Distribución de playas atendiendo a su anchura media

3.3.3. Tipo y tamaño de árido

Los tipos de árido que se han considerado son los siguientes, de más a menos fino: arenas finas, arenas medias, arenas gruesas, gravas, callaos y bolos, según la denominación local.

Los tamaños se corresponden con los definidos por el *Coastal Engineering Manual*⁷ (ver Figura 188):

Denominación	Tamaño [mm]
Arenas finas	0.075 – 0.425
Arenas medias	0.425 – 2.000
Arenas gruesas	2.000 – 4.750
Gravas	4.750 – 75.00
Callaos	75.00 – 300.0
Bolos	300.0 – 500.0
Rocas	> 500.0

Tabla 10.- Tamaños de áridos

⁷ Coastal Engineering Research Center. U.S. Army Corps of Engineers.

Table III-1-2

Sediment Particle Sizes

ASTM (Unified) Classification ¹	U.S. Std. Sieve ²	Size in mm	Phi Size	Wentworth Classification ³
Boulder		4096.	-12.0	
		1024.	-10.0	Boulder
	12 in. (300 mm)	256.	-8.0	
Cobble		128.	-7.0	Large Cobble
		107.64	-6.75	
		90.51	-6.5	Small Cobble
	3 in. (75 mm)	76.11	-6.25	
		64.00	-6.0	
		53.82	-5.75	
		45.26	-5.5	Very Large Pebble
Coarse Gravel		38.05	-5.25	
		32.00	-5.0	
		26.91	-4.75	
		22.63	-4.5	Large Pebble
	3/4 in. (19 mm)	19.03	-4.25	
		16.00	-4.0	
		13.45	-3.75	
		11.31	-3.5	Medium Pebble
		9.51	-3.25	
Fine Gravel	2.5	8.00	-3.0	
	3	6.73	-2.75	
	3.5	5.66	-2.5	Small Pebble
	4 (4.75 mm)	4.76	-2.25	
	5	4.00	-2.0	
Coarse Sand	6	3.36	-1.75	
	7	2.83	-1.5	Granule
	8	2.38	-1.25	
	10 (2.0 mm)	2.00	-1.0	
		1.68	-0.75	
		1.41	-0.5	Very Coarse Sand
		1.19	-0.25	
Medium Sand	18	1.00	0.0	
	20	0.84	0.25	
	25	0.71	0.5	Coarse Sand
	30	0.59	0.75	
	35	0.50	1.0	
	40 (0.425 mm)	0.420	1.25	
	45	0.354	1.5	Medium Sand
	50	0.297	1.75	
	60	0.250	2.0	
Fine Sand	70	0.210	2.25	
	80	0.177	2.5	Fine Sand
	100	0.149	2.75	
	120	0.125	3.0	
	140	0.105	3.25	
	170	0.088	3.5	Very Fine Sand
	200 (0.075 mm)	0.074	3.75	
Fine-grained Soil:	230	0.0625	4.0	
	270	0.0526	4.25	
Clay if PI ≥ 4 and plot of PI vs. LL is on or above "A" line and the presence of organic matter does not influence LL.	325	0.0442	4.5	Coarse Silt
	400	0.0372	4.75	
		0.0312	5.0	Medium Silt
		0.0156	6.0	Fine Silt
		0.0078	7.0	Very Fine Silt
		0.0039	8.0	Coarse Clay
Silt if PI < 4 and plot of PI vs. LL is below "A" line and the presence of organic matter does not influence LL.		0.00195	9.0	Medium Clay
		0.00098	10.0	Fine Clay
		0.00049	11.0	
(PI = plasticity limit; LL = liquid limit)		0.00024	12.0	
		0.00012	13.0	Colloids
		0.000061	14.0	

¹ ASTM Standard D 2487-92. This is the ASTM version of the Unified Soil Classification System. Both systems are similar (from ASTM (1994)).

² Note that British Standard, French, and German DIN mesh sizes and classifications are different.

³ Wentworth sizes (in mm) cited in Krumbein and Sloss (1963).

Figura 188 .- Clasificación de sedimentos según su tamaño (Tomado del C.E.M.)

Nombre	Municipio	TipoGrano1
NUEVA (ECHENTIVE - MALPIQUE)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Arena gruesa
ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Arena gruesa
LA ZAMORA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Arena gruesa
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	Arena gruesa
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Arena gruesa
PUERTO NAOS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Arena gruesa
TAZACORTE	TAZACORTE	Arena gruesa
NOGALES	PUNTA LLANA	Arena gruesa
LA VETA	TIJARARE	Arena gruesa
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	Arena gruesa
LAS CABRAS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Arena gruesa
FARO DE FUENCALIENTE	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Arena gruesa
LAGO DE LAS DAMAS (CHARCÓN)	TAZACORTE	Arena media
EL GUIRRE (LAS HOYAS)	TAZACORTE	Arena media
PUERTO DE TAZACORTE	TAZACORTE	Arena media
BAJAMAR	BREÑA ALTA	Arena media
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	Arena media
ARENAS BLANCAS (SALAMERAS) SALEMERA, SALINERA	VILLA DE MAZO	Arena media
EL PORIS (MONTES DE LUNA)	VILLA DE MAZO	Arena media
MARTÍN	VILLA DE MAZO	Arena media
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	Bolos
LA BOMBILLA	TAZACORTE	Bolos
NUEVA (MANGON)	TAZACORTE	Bolos
LA GALGA	PUNTA LLANA	Bolos
EL POCITO (LA MARTINA)	VILLA DE MAZO	Bolos
EL PUERTITO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Bolos
CALA ABADAJEJO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Bolos
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Callaos
PELOTA BAYANA	LOS LLANOS DE ARIDANE	Callaos
MURGAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Callaos
FAJANA DE LOS FRANCESES	GARAFÍA	Callaos
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Callaos
MARTÍN LUIS	PUNTA LLANA	Callaos
EL BURRO	VILLA DE MAZO	Callaos
LOS ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Callaos
ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Gravas
EL JORADO	TAZACORTE	Gravas
PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Gravas
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	Gravas
SUR PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Gravas
EL HOYO	VILLA DE MAZO	Gravas
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	Gravas
POZO SUR	VILLA DE MAZO	Gravas
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Gravas
LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Gravas
PORIS DE PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	Rocas

Nombre	Municipio	TipoGrano1
FAJANA DE BARLOVENTO	BARLOVENTO	Rocas
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Rocas

Tabla 11.- Listado de playas ordenadas según el tipo de material que las compone

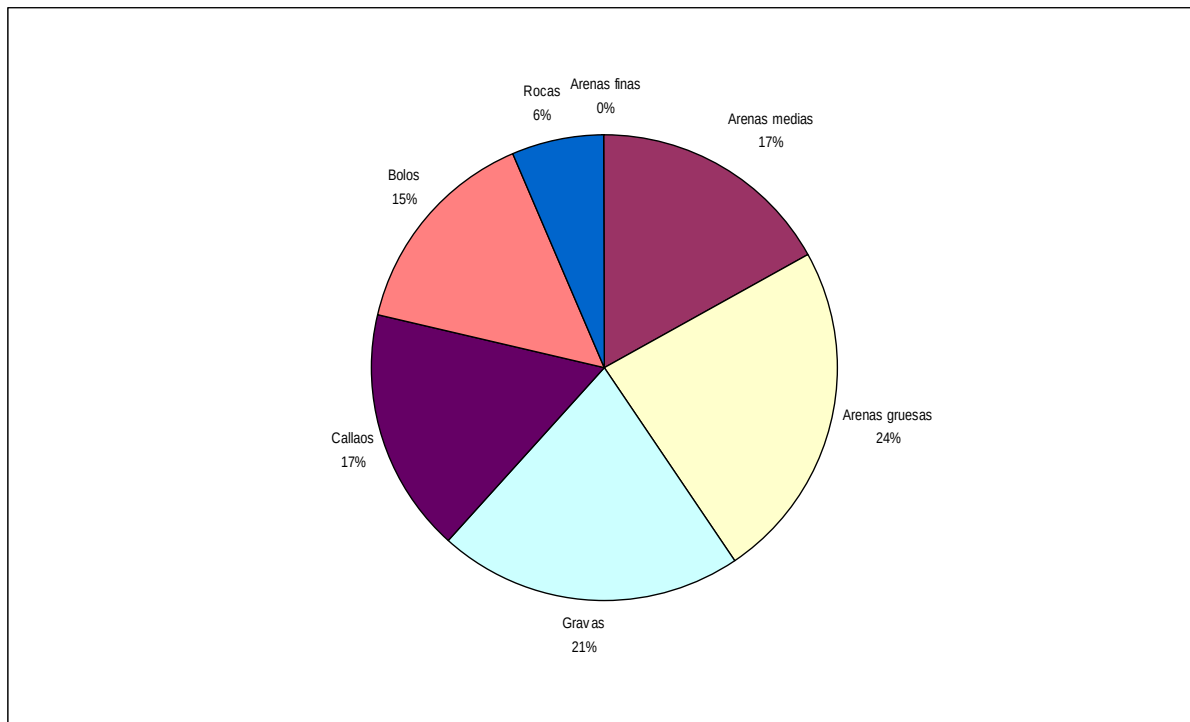


Figura 189 .- Distribución de playas según el tipo de árido que las compone

También se dispone de información del tamaño del árido que se encuentra en cotas inferiores a los -15 metros. Estos datos proceden de los trabajos de caracterización sedimentaria correspondientes al reconocimiento ecológico realizado por INTERLAB⁸. En la Tabla 12 se recogen los valores de los diámetros que caracterizan la muestra (D_{84} , D_{50} y D_{16} en mm.)

Nombre	Municipio	D_{84} [mm] ⁹	D_{50} [mm] ⁹	D_{16} [mm] ⁹
BAJAMAR	BREÑA ALTA	1.466	0.465	0.149
		0.404	0.161	0.094
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	1.498	0.491	0.178
BARLOVENTO	BARLOVENTO	1.476	0.537	0.289
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	0.350	0.154	0.091
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	1.797	0.607	0.142
ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	1.797	0.607	0.142

⁸ Datos proporcionados por INTERLAB

Nombre	Municipio	D84 [mm] ⁹	D50 [mm] ⁹	D16 [mm] ⁹
FRANCESES	GARAFIA	0.191	0.138	0.086
		0.490	0.238	0.109
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	0.729	0.409	0.209
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	0.184	0.124	0.064
		0.213	0.130	0.005
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	0.429	0.167	0.089
PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	1.469	0.535	0.282
LA GALGA	PUNTA LLANA	0.198	0.142	0.086
		0.192	0.140	0.087
NOGALES	PUNTA LLANA	0.490	0.249	0.114
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	0.372	0.148	0.087
		0.430	0.159	0.087
MARTIN LUIS	PUNTA LLANA	0.719	0.412	0.215
		0.570	0.392	0.214
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	>2.000	0.969	0.216
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	1.868	0.622	0.267
ROMPECABO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	1.966	0.906	0.205
LAGO DE LAS DAMAS	TAZACORTE	0.545	0.383	0.221
LOS GUIRRES	TAZACORTE	0.392	0.161	0.093
NUEVA	TAZACORTE	0.212	0.145	0.089
		0.187	0.137	0.086
		>2.000	1.282	0.449
PUERTO TAZACORTE	TAZACORTE	0.191	0.134	0.077
TAZACORTE	TAZACORTE	0.181	0.122	0.004
LA VETA	TIJARAFE	0.484	0.198	0.106
		0.467	0.194	0.105
EL JORADO	TIJARAFE	1.631	0.612	0.326
EL BURRO	VILLA DE MAZO	1.062	0.457	0.280
EL HOYO	VILLA DE MAZO	1.464	0.495	0.249
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	1.618	0.690	0.283
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	1.814	0.913	0.334
POZO SUR	VILLA DE MAZO	1.814	0.913	0.334

Tabla 12.- Listado de parámetros granulométricos de las muestras sumergidas

3.3.4. Exposición al oleaje

Se han considerado tres tipos genéricos de exposición al oleaje:

- ☐ Abierta
- ☐ Condiciones medias
- ☐ Abrigada

El grado de exposición se puede asimilar al criterio recomendado en las *Shoreline Management Guidelines*⁹ de DHI:

- Playa abierta se considera aquella en que la altura de ola significativa superada 12 horas al año es $H_{s,0.137} > 3.0$ m
- Playa en condiciones medias de abrigo se considera aquella en que la altura de ola significativa superada 12 horas al año es $1.0 < H_{s,0.137} < 3.0$ m
- Playa abrigada se considera aquella en que la altura de ola significativa superada 12 horas al año es $H_{s,0.137} < 1.0$ m

Así se tienen las siguientes, ordenadas por municipios:

Nombre	Municipio	Grado de exposición
EL HOYO	VILLA DE MAZO	Playa abrigada
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	Playa abrigada
BAJAMAR	BREÑA ALTA	Playa abrigada
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Playa abrigada
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Playa abrigada
PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Playa abrigada
PUERTO DE TAZACORTE	TAZACORTE	Playa abrigada
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abrigada
CALA ABADAJO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abierta
LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abierta
EL PUERTITO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abierta
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abierta
EL PORIS (MONTES DE LUNA)	VILLA DE MAZO	Playa abierta
ARENAS BLANCAS (SALAMERAS), SALEMERA, SALINERA	VILLA DE MAZO	Playa abierta
EL BURRO	VILLA DE MAZO	Playa abierta
MARTÍN LUIS	PUNTA LLANA	Playa abierta
LA GALGA	PUNTA LLANA	Playa abierta
FAJANA DE LOS FRANCESES	GARAFÍA	Playa abierta
PORIS DE PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	Playa abierta
EL JORADO	TAZACORTE	Playa abierta
NUEVA (MANGON)	TAZACORTE	Playa abierta

⁹ K. Mangor; C. Appendini et al. (2001): **Shoreline Management Guidelines**. DHI, Water & Environment.

Nombre	Municipio	Grado de exposición
EL GUIRRE (LAS HOYAS)	TAZACORTE	Playa abierta
PUERTO NAOS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Playa abierta
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	Playa abierta
ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abierta
NUEVA (ECHENTIVE - MALPIQUE)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Playa abierta
LA VETA	TIJARAFE	Playa abierta
FARO DE FUENCALIENTE	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Condiciones medias de abrigo
LAS CABRAS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Condiciones medias de abrigo
LOS ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Condiciones medias de abrigo
MARTÍN	VILLA DE MAZO	Condiciones medias de abrigo
POZO SUR	VILLA DE MAZO	Condiciones medias de abrigo
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	Condiciones medias de abrigo
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	Condiciones medias de abrigo
EL POCITO (LA MARTINA)	VILLA DE MAZO	Condiciones medias de abrigo
SUR PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Condiciones medias de abrigo
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	Condiciones medias de abrigo
NOGALES	PUNTA LLANA	Condiciones medias de abrigo
FAJANA DE BARLOVENTO	BARLOVENTO	Condiciones medias de abrigo
TAZACORTE	TAZACORTE	Condiciones medias de abrigo
LAGO DE LAS DAMAS (CHARCÓN)	TAZACORTE	Condiciones medias de abrigo
LA BOMBILLA	TAZACORTE	Condiciones medias de abrigo
MURGAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Condiciones medias de abrigo
PELOTA BAYANA	LOS LLANOS DE ARIDANE	Condiciones medias de abrigo
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Condiciones medias de abrigo
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	Condiciones medias de abrigo
LA ZAMORA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Condiciones medias de abrigo
ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Condiciones medias de abrigo

Tabla 13.- Relación de playas ordenadas por sus condiciones de abrigo

La Tabla 14 muestra los números de playas según las condiciones de abrigo que presentan.

Abrigo	Nº Playas
Playas abrigadas	8
Playas abiertas	19
Playas con condiciones medias de abrigo	21

Tabla 14.- Playas según sus condiciones de abrigo

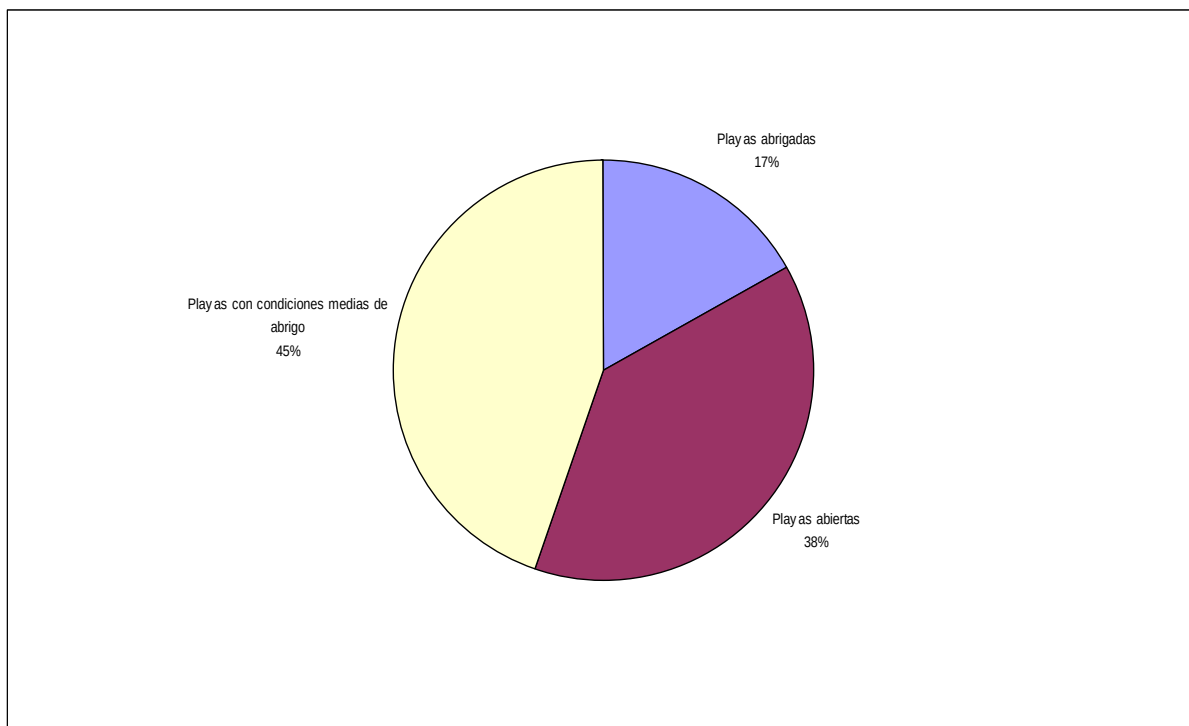


Figura 190 .- Distribución de playas según sus condiciones de abrigo

3.3.5. Estado evolutivo

El estado evolutivo es más difícil de evaluar que el resto de los parámetros indicados con anterioridad, debido al hecho de que no se tienen datos históricos suficientes que permitan indicar este parámetro con un margen de error razonablemente bajo; no obstante, el hecho de que la mayor parte de la isla procede de descomposición de los acantilados y que ésta se verifica de forma constante, junto con el de que en general no existe una plataforma suficiente que facilite la acreción de las mismas, permite aventurar el hecho de que en general las playas de la isla se encuentran en un equilibrio razonable. Algunas de las playas se pueden considerar prácticamente artificiales, como las de Tzacorte y Los Cancajos, al haber sido objeto de actuación que ha modificado radicalmente su fisonomía, creando playas relativamente grandes en lugares donde prácticamente sólo existía una discreta acumulación de áridos.

La playa denominada “Puerto de Tzacorte”, a sotamar de la desembocadura del Barranco de las Angustias y apoyada en el dique de abrigo del puerto, podría considerarse en depósito al estar permanentemente alimentada con productos aportados por las avenidas; no obstante, la zona que ocupa se encuentra ya al límite de su capacidad, por lo que es de esperar que las nuevas aportaciones caigan en la playa sumergida o se desvíen hacia fondos mayores. Las inmersiones puntuales practicadas por personal de Alatec en las proximidades confirman lo observado en los estudios de morfología de fondos realizados por Esgemar y los vídeos obtenidos por Interlab, en el sentido de la existencia de acumulaciones de arena.

Las playas más importantes objeto de regeneración han sido protegidas con obras que facilitan el estado de equilibrio.

La Tabla 15 muestra el listado de playas de la isla atendiendo a su estado evolutivo estimado.

Nombre	Municipio	Estado evolutivo estimado
LA BOMBILLA	TAZACORTE	Equilibrio
LAGO DE LAS DAMAS (CHARCÓN)	TAZACORTE	Equilibrio
LA GALGA	PUNTA LLANA	Equilibrio
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	Equilibrio
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	Equilibrio
LOS ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
PELOTA BAYANA	LOS LLANOS DE ARIDANE	Equilibrio
MURGAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Equilibrio
EL GUIRRE (LAS HOYAS)	TAZACORTE	Equilibrio
LA VETA	TIJARAFE	Equilibrio
EL JORADO	TAZACORTE	Equilibrio
PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Equilibrio
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Equilibrio
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	Equilibrio
MARTÍN LUIS	PUNTA LLANA	Equilibrio
SUR PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Equilibrio
EL HOYO	VILLA DE MAZO	Equilibrio
POZO SUR	VILLA DE MAZO	Equilibrio
ARENAS BLANCAS (SALAMERAS), SALEMERA, SALINERA	VILLA DE MAZO	Equilibrio
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
CALA ABADEJO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
NUEVA (ECHENTIVE - MALPIQUE)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio

Nombre	Municipio	Estado evolutivo estimado
ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
LA ZAMORA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	Equilibrio
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	Equilibrio
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Equilibrio
PUERTO NAOS	LOS LLANOS DE ARIDANE	Equilibrio
NUEVA (MANGON)	TAZACORTE	Equilibrio
PORIS DE PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	Equilibrio
FAJANA DE LOS FRANCESES	GARAFÍA	Equilibrio
FAJANA DE BARLOVENTO	BARLOVENTO	Equilibrio
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	Equilibrio
NOGALES	PUNTA LLANA	Equilibrio
EL POCITO (LA MARTINA)	VILLA DE MAZO	Equilibrio
EL BURRO	VILLA DE MAZO	Equilibrio
EL PORIS (MONTES DE LUNA)	VILLA DE MAZO	Equilibrio
MARTÍN	VILLA DE MAZO	Equilibrio
EL PUERTITO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
LAS CABRAS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
FARO DE FUENCALIENTE	FUENCALIENTE DE LA PALMA	Equilibrio
TAZACORTE	TAZACORTE	Regenerada
BAJAMAR	BREÑA ALTA	Regenerada
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	Regenerada

Tabla 15.- Listado de playas atendiendo a su estado evolutivo estimado

3.3.6. Pendiente de la zona intermareal

Los valores de la pendiente de la zona intermareal oscilan entre el 5.1% de la playa de Arenas Blancas situada en el municipio de Villa de Mazo hasta el 63.8% de la playa de Martín Luís que se encuentra en Punta Llana. En la Tabla 16 se muestra la relación de todas las playas con su pendiente intermareal correspondiente.

Nombre	Municipio	Pendiente intermareal
ARENAS BLANCAS	VILLA DE MAZO	5,1%
LAS CABRAS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	5,8%
EL PORIS (MONTES DE LUNA)	VILLA DE MAZO	5,8%
PORIS DE PUNTA GORDA	PUNTA GORDA	6%
EL BURRO	VILLA DE MAZO	6,4%
PUNTA LARGA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	6,9%
LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	7%
FAJANA DE BARLOVENTO	BARLOVENTO	7,6%
LAGO DE LAS DAMAS (CHARCÓN)	TAZACORTE	7,9%
EL HOYO	VILLA DE MAZO	9%
LOS CANCAJOS	BREÑA BAJA	9,1%
CHARCO VERDE	LOS LLANOS DE ARIDANE	9,3%

Nombre	Municipio	Pendiente intermareal
POZO SUR	VILLA DE MAZO	9,7%
FAJANA DE LOS FRANCESES	GARAFÍA	10%
ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	10,5%
NOGALES	PUNTA LLANA	10,8%
RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	11,1%
LAS MONJAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	11,1%
EL PUERTITO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	11,7%
PUERTO NAOS	LOS LLANOS DE ARIDANE	11,9%
PIEDRA NUEVA	VILLA DE MAZO	12,4%
POZO NORTE	VILLA DE MAZO	12,4%
EL GUIRRE (LAS HOYAS)	TAZACORTE	12,5%
NUEVA (ECHENTIVE - MALPIQUE)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	12,9%
BAJAMAR	BREÑA ALTA	13,2%
LA VETA	TIJARAFE	14,3%
PUERTO DE TAZACORTE	TAZACORTE	14,5%
EL POCITO (LA MARTINA)	VILLA DE MAZO	14,7%
FARO DE FUENCALIENTE	FUENCALIENTE DE LA PALMA	16,7%
LOS ROQUITOS	FUENCALIENTE DE LA PALMA	18,3%
EL REMO	LOS LLANOS DE ARIDANE	18,5%
LA GALGA	PUNTA LLANA	18,5%
NUEVA (MANGON)	TAZACORTE	18,5%
EL JORADO	TIJARAFE	19,5%
CALA ABADEJO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	20%
LA ZAMORA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	20,8%
MARTÍN	VILLA DE MAZO	21,7%
PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	22,6%
TAZACORTE	TAZACORTE	22,9%
MURGAS	LOS LLANOS DE ARIDANE	23,4%
CALETA DEL ROMPECABO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	23,4%
PELOTA BAYANA	LOS LLANOS DE ARIDANE	32,3%
CHARCO AZUL	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	35,3%
PUERTO TRIGO	PUNTA LLANA	37,5%
LA BOMBILLA	TAZACORTE	41,7%
ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	51,7%
VARADERO	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	54,5%
MARTÍN LUIS	PUNTA LLANA	63,8%

Tabla 16.- Listado de playas atendiendo a la pendiente intermareal

La Tabla 17 muestra la distribución de playas según el valor de la pendiente intermareal considerada. En la Figura 191 se representa gráficamente dicha distribución.

Pendiente intermareal	Nº Playas
0 - 5 %	0
5 - 10 %	14
10 - 15 %	14
15 - 20 %	7
20 - 25 %	6
Mayores de 25 %	7

Tabla 17.- Playas según su pendiente intermareal

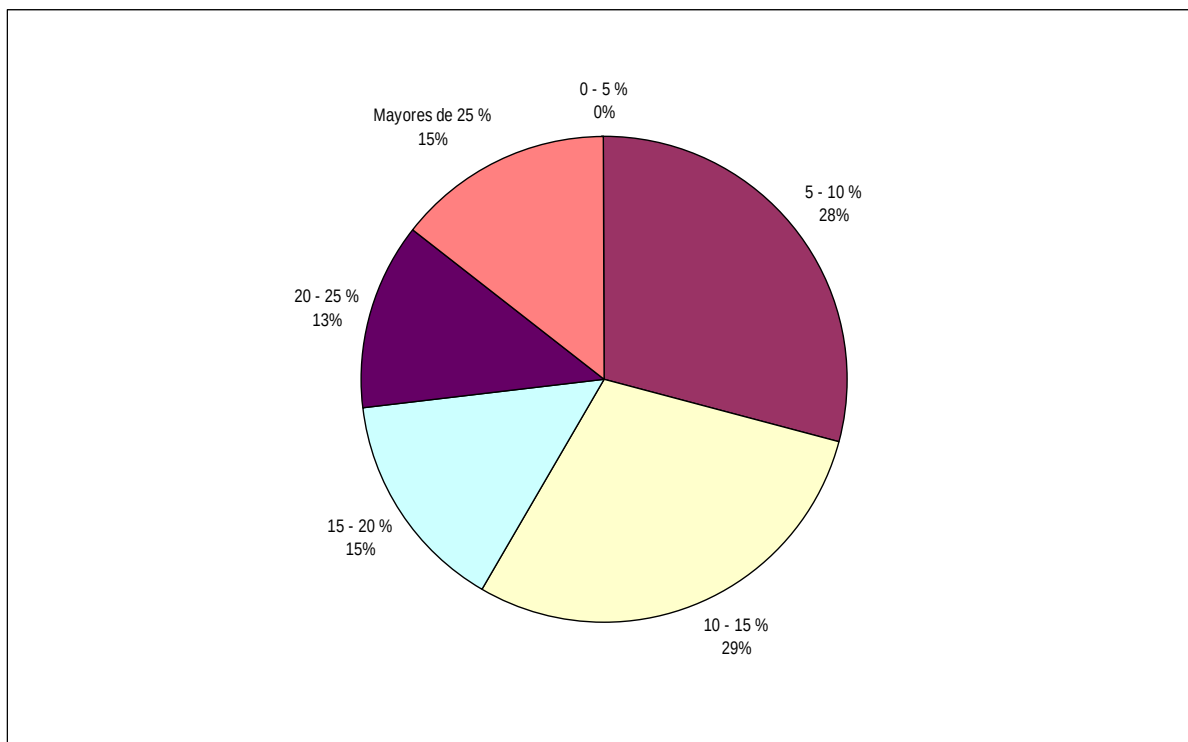


Figura 191 .- Distribución de playas según su pendiente intermareal

3.4. Base de datos

3.4.1. Introducción

Los datos recogidos sobre playas se introdujeron provisionalmente en una base de datos relacional básica bajo MS ACCESS, que se adjunta al presente documento, con el objetivo de organizarlos para el trabajo de clasificación según diferentes parámetros. Una vez completada esta tarea, y para la explotación definitiva de los mismos, se introducirán en un sistema de información geográfica ArcGIS. Este SIG será parte del SIG general que engloba todos los resultados de la asistencia técnica, pero se explota de forma independiente.

Cada registro de la base de datos contiene información sobre una playa. Los datos recogidos son básicamente: fotografías (aéreas y sobre el terreno), dimensiones, granulometría en aquellas playas compuestas por arena o grava, perfil transversal batimetrías realizadas. Se dispone de pocos datos históricos sobre el particular, por lo cual no es posible la realización de gráficos sobre variaciones históricas; en algunos casos, las batimetrías se realizaron con objeto de acometer proyectos de regeneración, por lo que no son comparables las líneas de orilla y perfiles transversales históricos con la batimetría realizada con ocasión de la presente asistencia técnica.

Se han realizado ajustes a perfiles teóricos (Dean y biparabólico). En términos generales los perfiles no se ajustan bien a ellos debido probablemente a las peculiares condiciones de las playas de la isla, que en muchos casos no cumplen todas las hipótesis para las que se crearon estos modelos. En el caso del perfil de Dean (1.977) las hipótesis de partida son las siguientes:

- ❑ No existe transferencia lateral de energía, lo que implica un gradiente nulo de transporte sólido longitudinal
- ❑ La disipación de energía por unidad de volumen en la zona de rotura es constante
- ❑ La rotura es gradual (en *spilling*) siguiendo una ley lineal del tipo $H = \gamma \cdot h$, con γ constante en el intervalo 0.7 – 1.0.
- ❑ No hay variaciones del nivel del mar

Conocidos los valores del diámetro nominal D_{50} en milímetros del material sedimentario presente en las playas analizadas y de los parámetros de Dean empleados en los ajustes de los perfiles sumergidos, se ha realizado la correlación correspondiente entre ambos conjuntos de valores obteniéndose la siguiente relación:

$$A = \frac{D_{50} - 0.5349}{0.4228}$$

Los pares de datos tienen una gran dispersión obteniéndose una desviación típica cuyo valor es de 0.322. En la Figura 192 se presenta gráficamente la relación entre ambas variables.

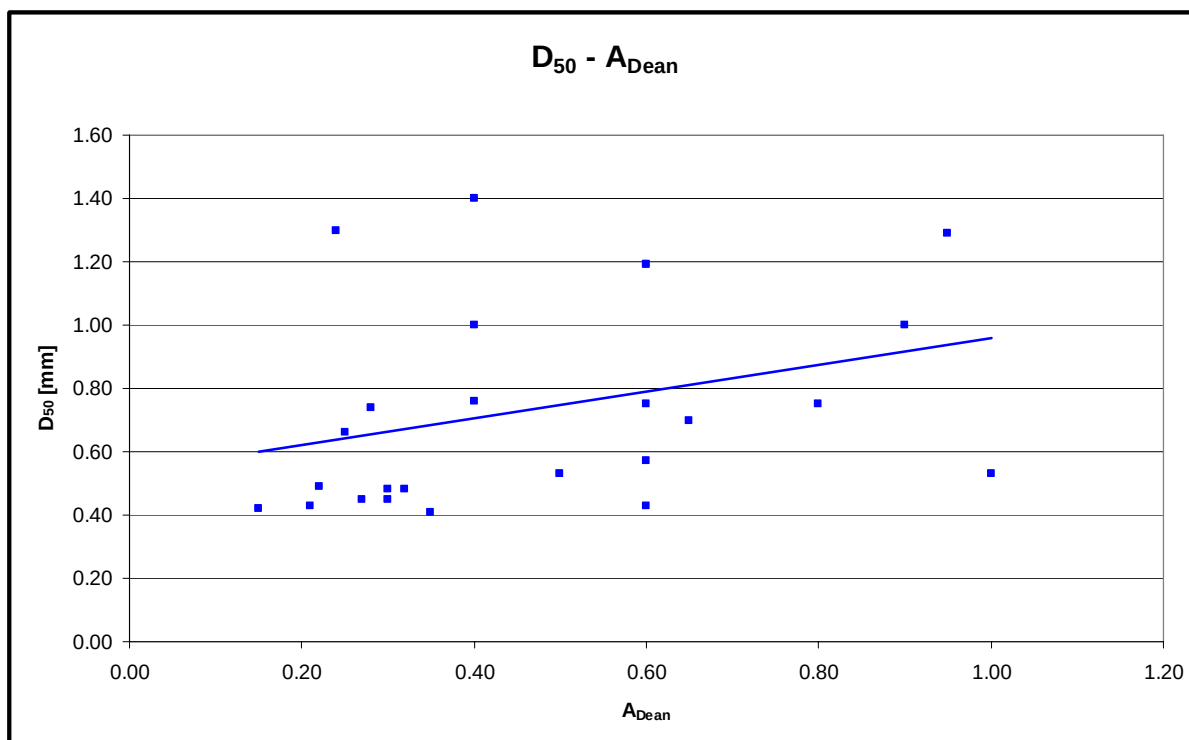
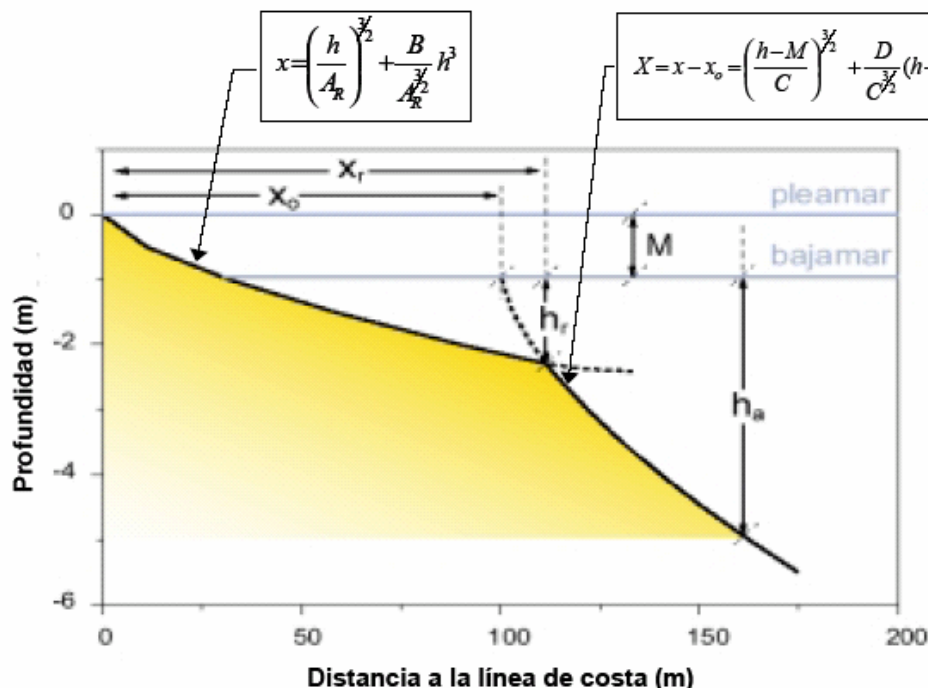


Figura 192 .- Relación entre D_{50} y A_{Dean} obtenidos en los ajustes de perfiles

El perfil biparabólico consta de dos tramos: el primero de ellos abarca desde la línea de costa de pleamar hasta la profundidad de rotura del oleaje en bajamar, denominándose perfil de rotura, mientras que el segundo se extendería desde dicha profundidad de rotura hasta la profundidad de corte, denominándose perfil de asomeramiento. Este tipo de perfil presenta la ventaja de permitir representar los procesos que intervienen en la modelación del perfil transversal, incluida la existencia de marea. Su inconveniente es que necesitan un mayor número de parámetros para ser ajustados, y los propuestos están basados en un número limitado de ajustes a perfiles reales, por lo cual el ajuste debe ser tomado con reservas.

La Figura 193 muestra el tipo de perfil biparabólico ajustado, con los valores teóricos de los parámetros. En las fichas de ajuste de cada perfil, que se recogen más adelante, se muestran tanto los valores teóricos como los empleados para el ajuste. Los valores teóricos proceden de ajustes a determinadas playas; su valor se muestra en la Figura 194.

El perfil de equilibrio compuesto puede representarse por medio de dos perfiles parabólicos, uno con origen en la cota de pleamar, denominado perfil de rotura, y otro, denominado perfil de asomeramiento, con el origen en la cota de bajamar y desplazado en vertical, de tal forma, que su intersección con el perfil de rotura coincide con la profundidad donde el oleaje rompe (Bernabéu, 1999):



Donde:

- x = distancia a la línea de costa (la línea de costa coincide con el origen del perfil de rotura)
- x_0 = distancia del origen del perfil de rotura al origen del perfil de asomeramiento
- x_r = distancia de la línea de costa al punto de rotura del oleaje
- h = profundidad
- h_r = profundidad de rotura (respecto a la bajamar) $\approx 1.1 H$
- h_a = profundidad final del perfil de asomeramiento (respecto a la bajamar) $\approx 3 H$
- A_R = parámetro de forma del perfil de rotura (asociado a la disipación por rotura)
- B = parámetro de forma del perfil de rotura (asociado a la reflexión)
- C = parámetro de forma del perfil de asomeramiento (asociado a la disipación por fricción)
- D = parámetro de forma del perfil de asomeramiento (asociado a la reflexión)
- M = carrera de marea modal
- H = altura de ola significativa media mensual a la profundidad h_a , en bajamar

$$x_0 = \left(\frac{h_r + M}{A_R} \right)^{3/2} - \left(\frac{h_r}{C} \right)^{3/2} + \frac{B}{A_R^{3/2}} (h_r + M)^3 - \frac{D}{C^{3/2}} h_r^3$$

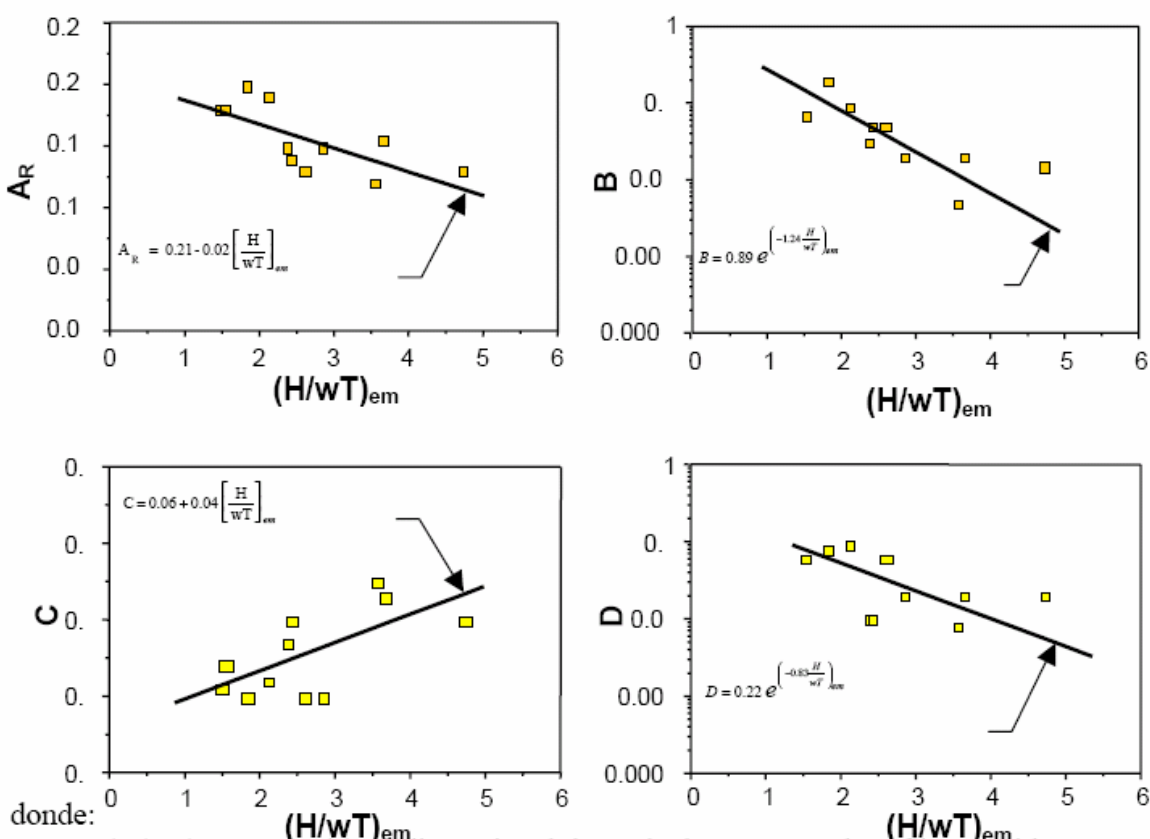
$$x_r = \left(\frac{h_r + M}{A_R} \right)^{3/2} + \frac{B}{A_R^{3/2}} (h_r + M)^3$$

Figura 193.- Ajuste de perfil biparábólico (Tomado del documento temático de regeneración de playas del GIOC – Universidad de Cantabria)

La carrera de marea, M , se encuentra definida por la cota de la pleamar modal. En la siguiente Tabla, se presenta la carrera de marea modal característicos de distintas playas en España:

Playa	Carrera de marea (m)
Vizcaya	3.65
Asturias	3.25
Huelva	2.65
Cádiz	2.65

Los parámetros que controlan la forma de cada uno de los perfiles, A_R , B , C y D , se han obtenido ajustando perfiles de playas medidos a lo largo de todo el litoral Español, y se representan en función de la altura de ola, el periodo del oleaje y la velocidad de caída del grano:



donde:
 $(H/wT)_{em}$ = velocidad adimensional de caída de grano en el perfil emergido
 T = periodo de pico del oleaje medio mensual
 w = velocidad de caída de grano:
 $w = 1.1 \cdot 10^6 D_{50}^2$ para $D_{50} < 0.1$ mm
 $w = 273 D_{50}^{1.1}$ para $0.1 < D_{50} < 1$ mm
 $w = 4.36 D_{50}^{0.5}$ para $D_{50} > 1$ mm
 D_{50} = diámetro medio de la arena de la playa en el perfil emergido en metros

Figura 194 .- Ajustes de los parámetros del perfil biparabólico (Tomado del documento temático de regeneración de playas del GIOC – Universidad de Cantabria)

3.4.1.1. Estructura de la base de datos

La base de datos se ha estructurado básicamente en 7 tablas (Figura 195) relacionadas entre ellas (Figura 196) con el fin de disminuir posibilidad de errores y sistematizar la información.

La base de datos contiene una consulta (Figura 197) que permite extraer los datos precisos para su clasificación según cualquier criterio (ejemplo en Figura 198, en el que se desea conocer el listado de playas cuya longitud es mayor de 50 m y menor de 100 m, obteniendo el resultado mostrado en la Figura 199).

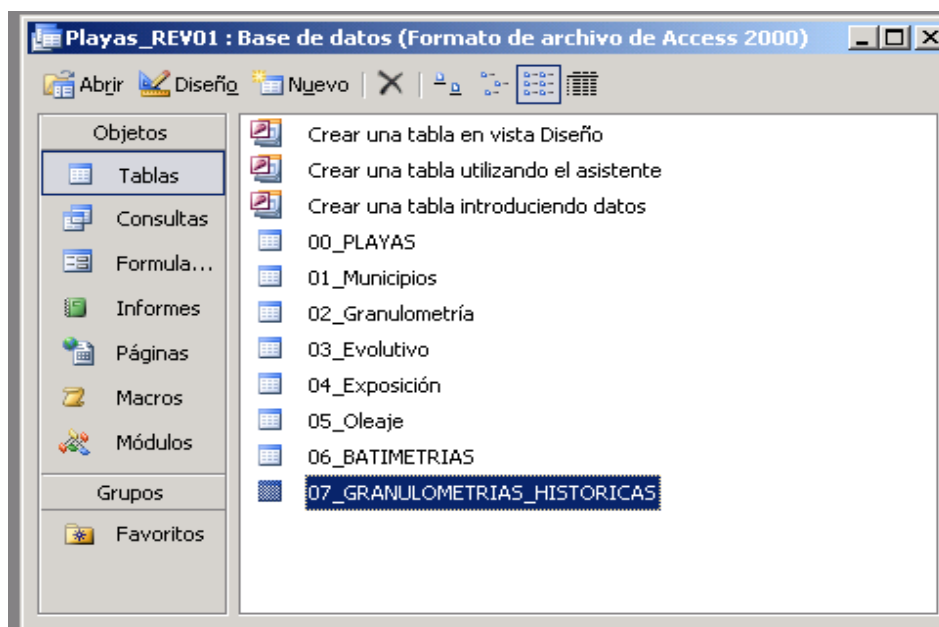


Figura 195 .- Tablas de la base de datos

La base de datos cuenta con varios formularios y subformularios (Figura 200) que permiten la introducción y visualización de datos.

Finalmente, se ha añadido un informe y un subinforme (Figura 201), con objeto de permitir la salida de datos escritos.

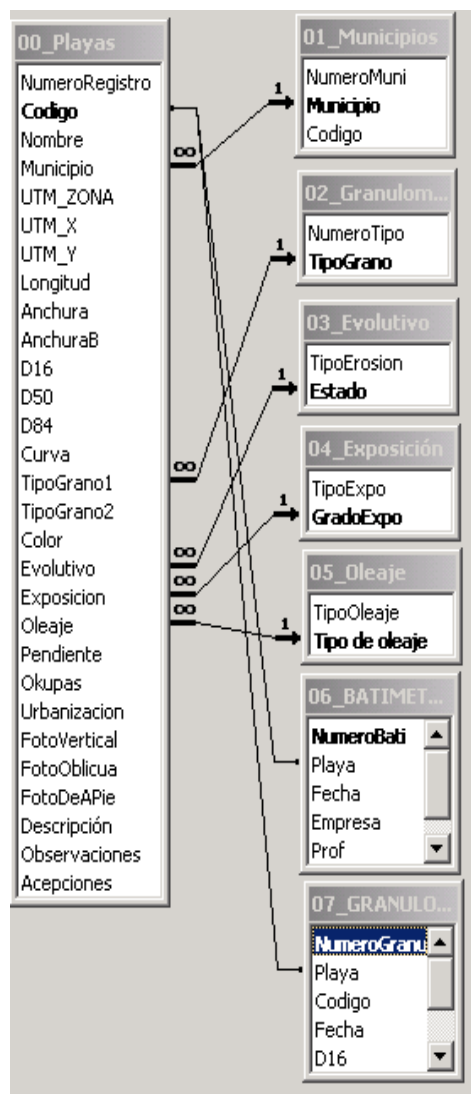


Figura 196 .- Relaciones de la base de datos

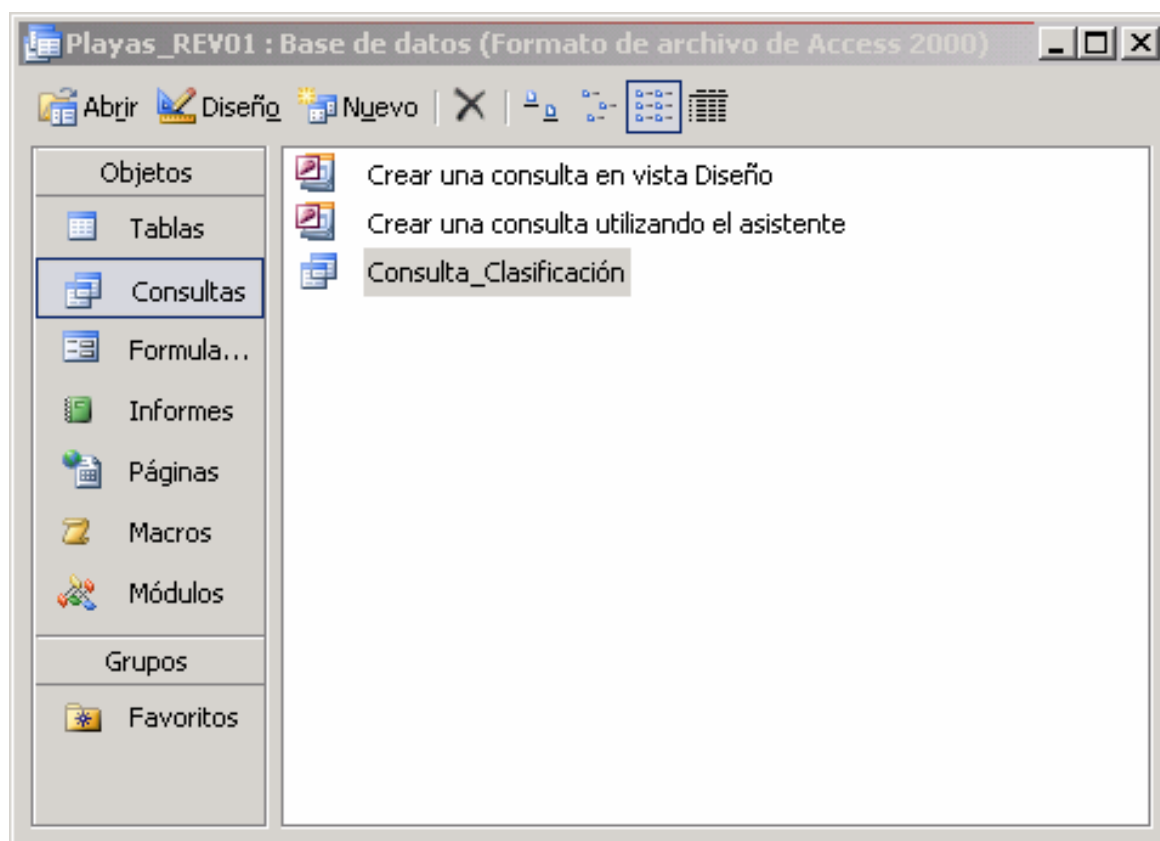


Figura 197 .- Consulta de la base de datos

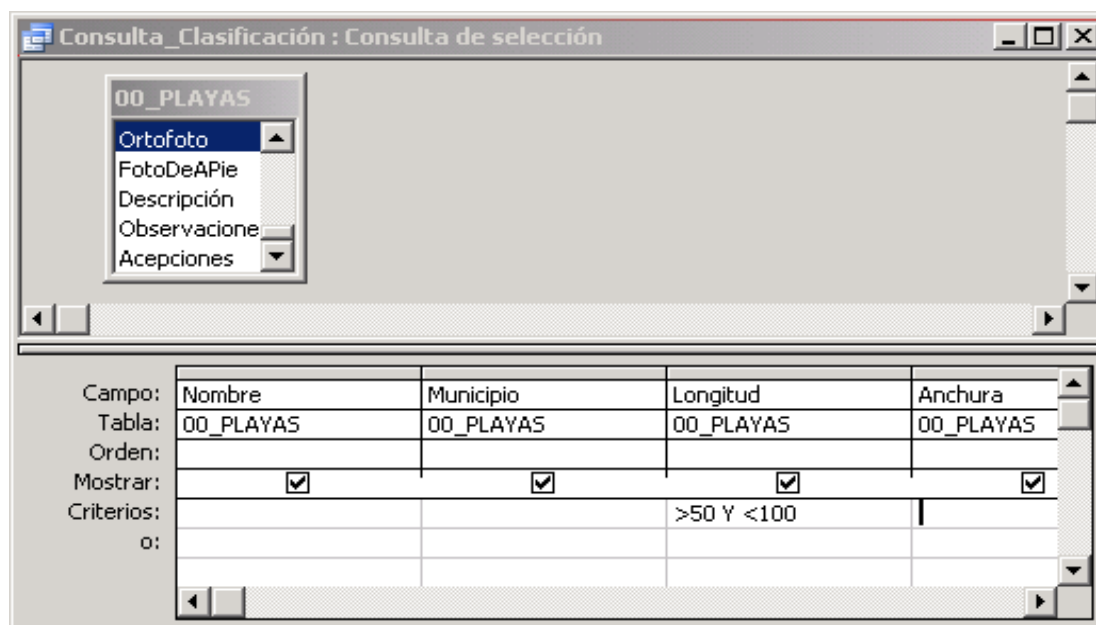


Figura 198 .- Creación de una consulta

Consulta_Clasificación : Consulta de selección

	Nombre	Municipio	Longitud [m]	Anchura [m]	Anchu
▶	LAS CABRAS 2	FUENCALIENTE DE LA PALMA	70	45	
	ABADEJOS (PUNTA GRUESA)	FUENCALIENTE DE LA PALMA	90	60	
	ZAMORA CHICA / PLAYA CHICA	FUENCALIENTE DE LA PALMA	65	40	
	RIO MUERTO	FUENCALIENTE DE LA PALMA	70	30	
	PUERTO ESPÍNDOLA	SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	80	5	
	POZO SUR	VILLA DE MAZO	90	30	
*			0	0	

Registro: 1 de 6

Figura 199 .- Resultado de una consulta

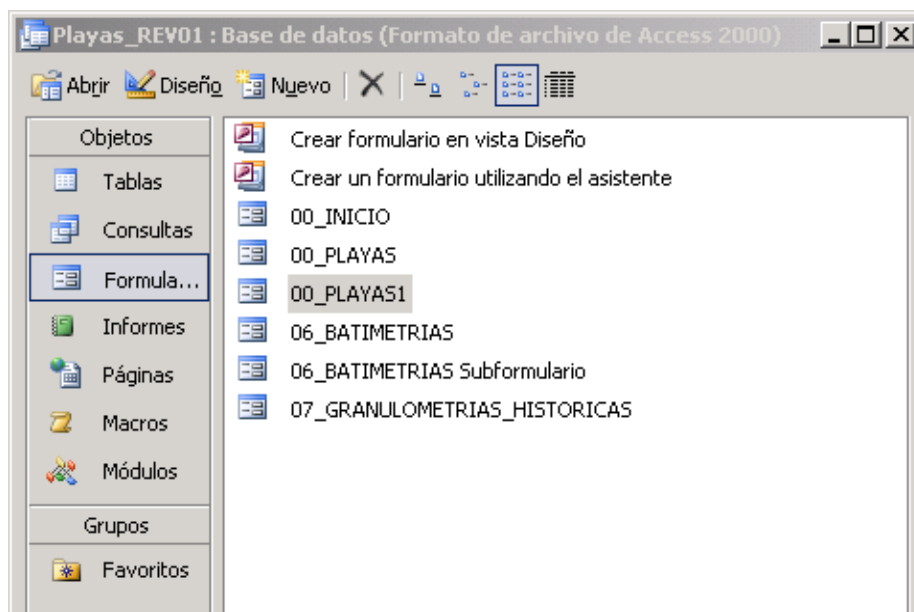


Figura 200 .- Formularios

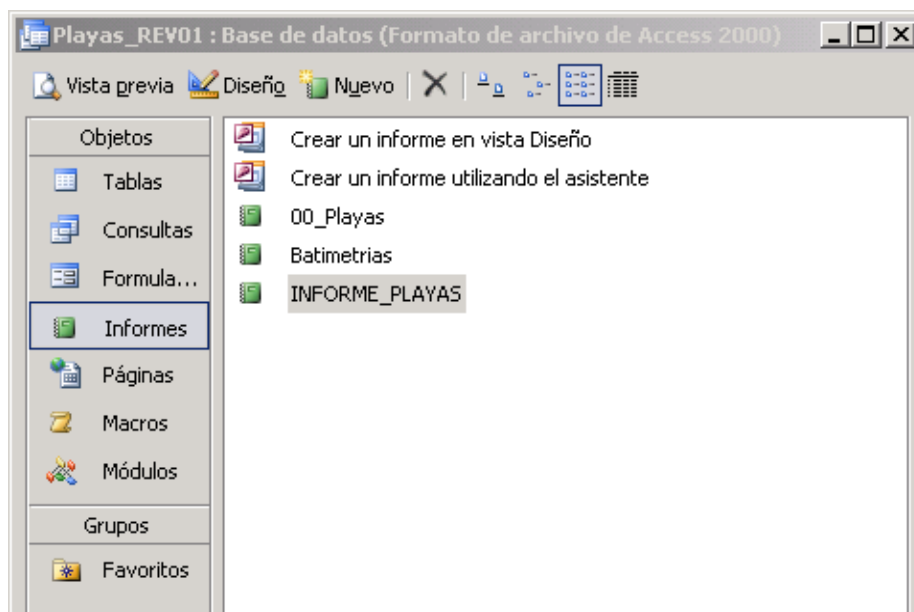


Figura 201 .- Informes

Dado que esta base de datos servirá de puente con el SIG general y el SIG de playas, no se ha considerado necesario introducir rutinas de explotación diferentes de las comunes.

3.4.1.2. Estructura de las tablas

Las tablas, como se ha indicado en el capítulo 3.4.1.1, están relacionadas según indica la Figura 196. El contenido y estructura de cada tabla se indica en los subapartados siguientes.

3.4.1.2.1. Tabla 00_PLAYAS

Es la tabla principal. Contiene toda la información general de las playas de La Palma, y recoge algunos datos de las tablas con las que está relacionada. Estas otras tablas contienen únicamente los datos sistemáticos que no son objeto de variación y son comunes a varias playas (por ejemplo, el término municipal en que se encuentra, sus condiciones de abrigo, etc). Esta forma de trabajar evita errores humanos y permite sistematizar las búsquedas.

La Tabla 18 muestra el contenido de la tabla principal de la base de datos.

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
NumeroRegistro	Autonumérico	
Codigo	Texto	Código de ordenación de playas y municipios
Nombre	Texto	Nombre de la playa
Municipio	Texto	Término municipal en que se encuentra
UTM_ZONA	Número	Zona UTM
UTM_X	Número	Coordenada X aproximada del centro de la playa
UTM_Y	Número	Coordenada Y aproximada del centro de la playa
Longitud	Número	Longitud de la playa
Anchura	Número	Anchura media de la playa
AnchuraB	Número	Anchura media de la berma
D16	Número	Granulometría: D16
D50	Número	Granulometría: D50
D84	Número	Granulometría: D84
Curva	Objeto OLE	Imagen ráster: Curva granulométrica
TipoGrano1	Texto	Tipo de árido principal presente en la playa
TipoGrano2	Texto	Tipo de árido secundario presente en la playa, si este tuviera alguna relevancia
Color	Texto	Color del árido principal
Evolutivo	Texto	Estado evolutivo estimado
Exposicion	Texto	Grado de exposición al oleaje
Oleaje	Texto	Condiciones de oleaje
Pendiente	Texto	Pendiente de la playa (a ojo)
Okupas	Texto	Grado de ocupación de la playa
Urbanizacion	Texto	Grado de urbanización de la trasplaya
FotoVertical	Objeto OLE	Imagen ráster: Foto vertical
FotoDeAPIe	Objeto OLE	Imagen ráster: Foto obtenida en visita al lugar
Descripción	Memo	Descripción general de la playa
Observaciones	Memo	Observaciones de interés
Acepciones	Texto	Otra toponimia detectada

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
Datos muestra granulométrica	Objeto OLE	Imagen ráster: Perfil transversal
Datos medidos	Objeto OLE	Imagen ráster: Perfil transversal
Ajuste perfil biparabólico	Objeto OLE	Imagen ráster: Perfil transversal
Ajuste perfil de Dean	Objeto OLE	Imagen ráster: Perfil transversal
Pendiente intermareal	Texto	Porcentaje pendiente del tramo intermareal
A Dean	Texto	Parámetro de Dean
A	Texto	Parámetro de ajuste del perfil biparabólico
B	Texto	Parámetro de ajuste del perfil biparabólico
C	Texto	Parámetro de ajuste del perfil biparabólico
D	Texto	Parámetro de ajuste del perfil biparabólico

Tabla 18.- Estructura de la tabla 00_PLAYAS

3.4.1.2.2. Tablas auxiliares

Las tablas “01_Municipios”, “02_Granulometría”, “03_Evolutivo”, “04_Exposición” y “05_Oleaje” son auxiliares y únicamente contienen dos campos cada una: por una parte, el código con el que se relacionan con un único registro de la tabla principal, y por otra el listado de municipios, tipo de grano, posibles estados evolutivos y posibles grados de protección frente al oleaje. Las relaciones se muestran en la Figura 196.

3.4.1.2.3. Tabla 06_BATIMETRÍAS

Esta tabla contiene los datos referentes a las batimetrías históricas que se han levantado en la isla. La Tabla 19 muestra su estructura.

Nombre del campo	Tipo de datos
NumeroBati	Autonumérico
Playa	Texto
Fecha	Texto
Empresa	Texto
Prof	Número
Longitud	Número

Tabla 19.- Estructura de la tabla 06_BATIMETRÍAS

Consta de 7 únicos registros, correspondientes a las batimetrías de que se tiene constancia. Se relaciona a través del campo “Playas” con la tabla principal.

3.4.1.2.4. Tabla 07_GRANULOMETRIAS HISTORICAS

Esta tabla, relacionada con la principal a través del campo “Código”, está estructurada como indica la Tabla 20; no contiene datos, pues no se ha podido localizar ninguno en la D.G.C. En cualquier caso, se adjunta con el fin de que se pueda actualizar en el SIG general y en el SIG de playas una vez se ejecuten los estudios correspondientes.

	Nombre del campo	Tipo de datos
▶	NumeroGranul	Autonumérico
	Playa	Texto
	Codigo	Texto
	Fecha	Texto
	D16	Número
	D50	Número
	D84	Número
	Curva	Objeto OLE

Tabla 20.- Estructura de la tabla 07_GRANULOMETRIAS HISTORICAS

3.4.1.3. Organización de los archivos de datos

Los archivos que componen la base de datos se organizan en un DVD como sigue:

- ❑ Un directorio raíz en el que se encuentra el archivo “mdb” de base de datos MS ACCESS
- ❑ Varios subdirectorios, en los que se encuentran:
 - o “FOTOS”: Las fotografías, organizadas en tres subdirectorios de segundo nivel:
 - “HR”: Fotografías de alta resolución
 - “BR”: Fotografías de baja resolución
 - “AP”: Fotografías tomadas a pie de playa
 - “VER”: Fotografías aéreas verticales
 - o “GRANULOMETRÍAS”: Imágenes ráster de las curvas granulométricas
 - o “PERFILES”: Imágenes ráster de los perfiles transversales y ajuste de perfiles de equilibrio

3.4.1.3.1. Codificación de imágenes ráster

Las imágenes ráster se asocian con cada playa de forma biunívoca con cada playa según su código. El código de playa tiene un formato de cuatro caracteres alfanuméricos separados dos a dos por una barra inclinada: **TM/NU**, en el que son:

- ❑ TM: Término municipal en que se ubica la playa (ver Tabla 21)
- ❑ NU: Número de orden de la playa dentro del término municipal

Municipio	Codigo
BARLOVENTO	BV
BREÑA ALTA	BA
BREÑA BAJA	BB
FUENCALIENTE DE LA PALMA	FC
GARAFÍA	GA
LOS LLANOS DE ARIDANE	LL
PUNTA GORDA	PG
PUNTA LLANA	PL
SAN ANDRÉS Y LOS SAUCES	LS
TAZACORTE	TE
VILLA DE MAZO	MA

Tabla 21.- Códigos de los municipios

Así, para la playa cuyo código es **TM/NU**, las diferentes imágenes ráster serán:

- ☐ TMNU_FOHR: Fotografía oblicua en alta resolución
- ☐ TMNU_FOBR: Fotografía oblicua en baja resolución
- ☐ TMNU_FV: Fotograma aéreo vertical
- ☐ TMNU_AP_NO: Fotografía nº NO, tomada a pie de playa (puede haber varias)
- ☐ TMNU_G: Curva granulométrica
- ☐ TMNU_P: Perfil transversal

3.4.1.4. Información que contiene la base de datos

Las últimas páginas del presente documento recogen las fichas obtenidas a partir de la base de datos en soporte papel.

En Las Rozas, agosto de 2005

EL DIRECTOR DEL EQUIPO
REDACTOR DEL DOCUMENTO

José María Medina Villaverde
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
ALATEC Ingenieros Consultores y Arquitectos, S.A.