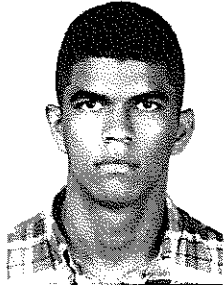


JUAN E. ARIZA
RAMÓN A. PERDOMO
VEDAT DEMIREL
RUTH PÁEZ

**ANÁLISIS DE LAS
CONDICIONES DE VIENTO
NORMALES Y EXTREMAS DE
UN ÁREA EN LA COSTA NORTE
DE COLOMBIA PARA EL
DESARROLLO DE ACTIVIDADES
DE EXPLORACIÓN Y
EXPLOTACIÓN COSTAFUERA**

TEMA



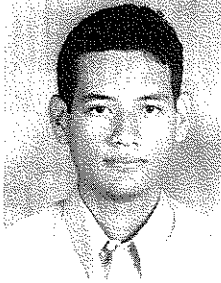
Juan Enrique Ariza
Estudiante de Ingeniería de
Petróleos

RESUMEN

Este artículo presenta la importancia de la adquisición y uso de la información meteorológica y oceanográfica, en la planeación y ejecución de actividades costafuera, así como, la clasificación de la información disponible en las agencias nacionales e internacionales especializadas, acorde a sus características y aplicaciones en condiciones normales y

condiciones extremas, mediante la utilización de las técnicas analíticas y probabilísticas recomendadas. Finalmente se muestran los resultados preliminares de un estudio de condiciones de viento normales y

extremas en la costa norte Colombiana que constituye la fase inicial de un proyecto destinado al análisis de las condiciones meteorológicas y oceanográficas del Caribe para el desarrollo de actividades de exploración y explotación costafuera, de cara al establecimiento de los criterios de diseño y operación, los datos aquí presentados hacen parte de un proyecto de Grado presentado a la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander (UIS).



Ramón Alfonso Perdomo
Estudiante de Ingeniería de
Petróleos

1. INTRODUCCIÓN

La decisión de proceder con la adquisición, exploración y desarrollo de un contrato costafuera, requiere cierto tipo de garantías o favorabilidades que aseguren retornos a la inversión que se planea realizar, una vez se declare la comerciabilidad del mismo. Este tipo de garantías solo puede conseguirse con el desarrollo de estudios tendientes a la caracterización de las condiciones de operación propias de la zona.

Una evaluación económica solo puede desarrollarse para campos costafuera si y solo si se conocen las condiciones ambientales como vientos, olas; mareas, corrientes y condiciones de visibilidad entre otras. El conocimiento de estas condiciones puede significativamente marcar la diferencia entre operaciones seguras, o riesgosas, la ejecución de operaciones futuras; La adopción de medidas preventivas y la oportuna elaboración de planes de contingencia en caso de accidentes fortuitos, en últimas, permiten ahorrar dinero y molestias tanto a las compañías como a la comunidad. El conocimiento de las condiciones de operación, es obtenido de un estudio meteorológico y oceanográfico, desarrollado para la zona en la cual se procederá a la exploración y eventual desarrollo (Fallon y Aagaard, 1975).

La determinación de condiciones meteorológicas y oceanográficas que permite una mayor caracterización del ambiente de trabajo, la reducción de costos al evitarse eventuales sobrediseños en las estructuras y el equipo a utilizar con una mayor previsión de los posibles riesgos, lo que sin lugar a dudas incide directamente en la prevención de los mismos. Adicionalmente y quizás lo más importante de justificar para la realización de un estudio de esta naturaleza es:

- Permite la Selección de los Criterios de diseño de las estructuras y equipos, que minimizan el riesgo de falla en las operaciones.
- Permite realizar pronósticos y estimativos a corto y mediano plazo, necesarios para la

consideración de cualquier evaluación económica, y la justificación de cualquier inversión.

- Permite programar actividades que coincidan con los pronósticos de tiempo favorables.

2. CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información meteorológica y oceanográfica ha sido categorizada para un mejor manejo y presentación en condiciones extremas y condiciones normales (Fallon y Aagaard, 1975):

- **Condiciones Normales** requeridas para:
 - Establecer límites de operabilidad
 - Estimar la acción ocasionada por los factores ambientales y establecer promedios de vida útil para estructuras y equipos.
 - Programar actividades de construcción

(como fabricación, transporte e instalación) y operaciones de campo (como perforación, puesta en producción y descarga).

- **Condiciones Extremas** requeridas para la planeación de acciones ante la ocurrencia de eventos catastróficos, y los efectos de dichos eventos, estas condiciones permiten definir las condiciones de diseño y establecer eventuales planes de evacuación del personal ante sucesos de esta magnitud.

3. TIPOS Y ALCANCES DE LOS ESTUDIOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

Los tres tipos de estudio meteorológico y oceanográfico son (Fallon y Aagaard, 1975):

- **Preliminar** Este estudio usualmente se limita a la presentación de resúmenes estadísticos de condiciones meteorológicas y oceanográficas normales, además de

FIGURA 1. Principales Aplicaciones de los Parámetros de condiciones normales (Fallon y Aagaard, 1975).

Principales Aplicaciones	Sistemas de Tormentas	Altura de Olas	Velocidad de la Corriente	Mareas
Estudios geofísicos y de corazonamiento bajo la predicción del tiempo	x	x		
Predicción del movimiento para equipos flotantes de perforación y equipos de Workover	x	x		
Predicción del tiempo de espera para elevar la plataforma por si misma, selección del sistema de elevación adecuado	x	x	x	
Consideraciones de diseño de plataformas fijas, relacionadas con el remolque y la instalación características, desembarque y grúas	x	x	x	x
Predicción del aterrizaje de helicópteros y aviones	x			
Transferencia de cuadrillas y suministros del barco a la plataforma	x	x	x	
Predicción del movimiento de derrames, bombas, contenedores, equipos de limpieza	x	x	x	x
Evaluación económica total, selección del sistema de producción; planeamiento de operaciones seguras y evaluación de impacto ambiental	x	x	x	x

FIGURA 2. Principales Aplicaciones de los Parámetros de condiciones extremas (Fallon y Aagaard, 1975).

Principales Aplicaciones	Sistemas de tormentas	Altura de olas	Velocidad de corrientes	Marea Total	Temp. del aire
Evaluación del impacto ambiental	x	x	x	x	x
Diseño de sistemas de completamiento submarino			x		
Diseño de plataformas fijas	x	x	x	x	x
Diseño de equipos móviles de perforación		x	x		x
Diseño de sistemas de anclaje de lanchas y embarcaciones		x	x		
Selección del barco perforador	x	x	x		
Diseño de los tanques de almacenamiento	x	x	x	x	x
Diseño de oleoductos y tubería submarina		x	x	x	
Diseño de terminales para tanqueros	x	x	x	x	x
Evaluación económica total; selección del sistema de producción; planeación de operaciones de seguridad eficiente	x	x	x	x	x

información, sobre los sistemas de tormentas prevaletientes en la zona y los máximos valores que se pueden esperar, no se detallan los análisis de las tormentas extremas. Este tipo estudio sirve de guía para el establecimiento de la etapa de exploración, de ninguna manera puede utilizarse para establecer criterios de diseño o programar operaciones a mediano y largo plazo.

- **General** El estudio se desarrolla sobre la base de una extensiva búsqueda en la literatura especializada, registros de pronósticos, etc, también como modelamiento de olas y vientos a partir de cartas de pronóstico, estos resultados pueden ser utilizados en la selección de ciertos parámetros de diseño y programación de operaciones.
- **Comprensivo** El mayor rasgo distintivo de un estudio comprensivo frente a uno general (aparte de los costos entre uno y otro) es la implementación de un programa de medición y monitoreo, lo que incrementa enormemente el grado de aproximación y exactitud tanto en los pronósticos como en los datos

empleados para las mismas en los métodos de cálculo; Otra gran diferencia es que las olas para condiciones normales pueden ser obtenidas por un modelamiento (obtenido de una base de datos histórica extendible de 4 a 6 años y no de 1 a 3 años como en el general.

4. CONDICIONES NORMALES Y EXTREMAS DE VIENTO PARA UN ÁREA COSTAFUERA EN LA COSTA NORTE DE COLOMBIA

Este proyecto responde a las necesidades primarias que para el desarrollo de actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, sean necesarias realizar costafuera de la península de la Guajira, en la costa norte de Colombia; El área determinada como de interés para el presente estudio está limitada por los siguientes puntos: Lat 11°N, long 71°W; Lat 14° N, Long 71°W; Lat 14°N, Long 75° W; Lat 11°N, Lon 75°W. La Figura 3 muestra el sitio del proyecto.

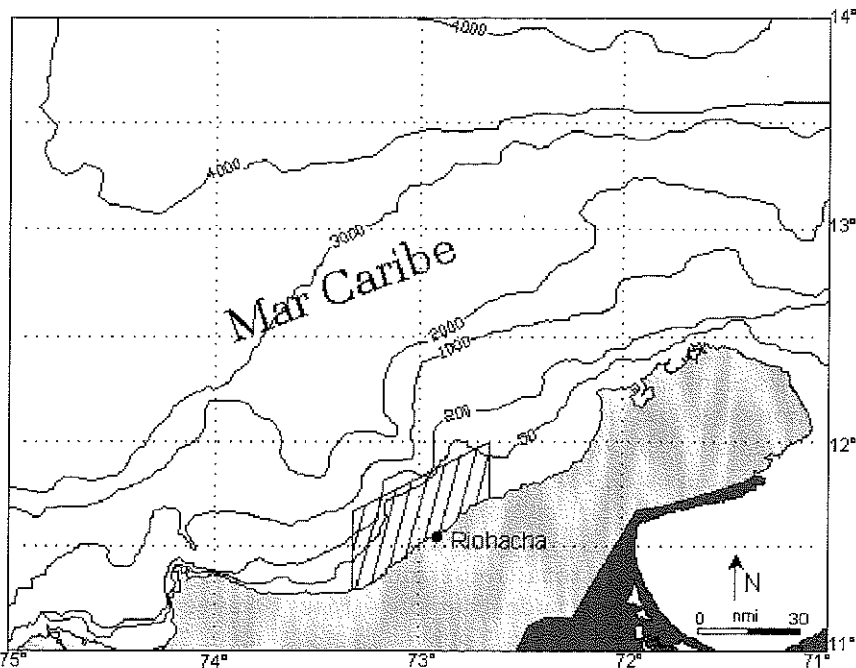


Figura 3.
Ubicación del área de estudio.

4.1 Metodología

El artículo presenta los resultados preliminares de un proyecto, encaminado a recopilar y procesar los datos Meteorológicos del Caribe Colombiano y que fueron presentados como proyecto de grado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Aquí se establecen las condiciones de vientos en el área objeto de estudio, tomando como fuente los datos existentes en las principales Agencias especializadas; tanto nacionales como internacionales.

Entre las fuentes consultadas, se tienen los datos de vientos de la base de datos de la National Oceanographic & atmospheric agency (NOAA), los registros históricos de huracanes del National Hurricane Center, los datos de la Boya de la NOAA, que registra en el Caribe, La cartas Batimétricas, e informativas de US NAVY, los datos de vientos máximos y medios del aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta (IDEAM) los registros históricos de desastre de la zona de las agencias nacionales (IDEAM),

las cartas Batimétricas del centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional (CIOH) entre otras. Esta información, se recopiló y procesó a lo largo del desarrollo del estudio, conforme a las recomendaciones del Shore Protection Manual (2001) y los modelos probabilísticos de Weibull y Gumbel, determinando

- Los criterios de viento máximo, necesarias para el diseño de plataformas de tipo fijo, spars, semisumergibles, puertos y la operación de barcos y barcasas.
- Los registros históricos de huracanes asociadas al área de estudio.
- Las recomendaciones propias derivadas de los datos obtenidos en el proyecto.

4.2 Régimen de vientos

4.2.1 Condiciones normales En el área de estudio se distinguen dos diferentes temporadas de viento, cuya duración promedio es de cerca de seis meses para cada una (Marine

Climatic Atlas, 1995); el periodo de vientos más fuertes es de diciembre a mayo, siendo el periodo de junio a noviembre el de los vientos más tranquilos. Observándose claramente que durante el periodo de diciembre a mayo las velocidades de viento tienen mayor incidencia sobre el área de interés que el resto del año. Los vientos durante esta temporada prevalecen en la dirección noreste-nordeste del 65-70 % del tiempo total registrado, con velocidades medias de 13 a 14 nudos. Durante la temporada junio-agosto, la prevalencia de los vientos en estas dos direcciones es únicamente del 45 % del tiempo total registrado, con velocidades medias de 10 a 11 nudos. El trimestre, septiembre-noviembre es el periodo de mayor calma, los vientos prevalecientes tienen la misma dirección cerca del 20 % del tiempo total registrado, con velocidades medias de 9 nudos, durante el mes de octubre los vientos son más suaves que el resto del año (como se mencionó arriba el proyecto continúa en progreso, por ello, se presentarán mayores detalles de los resultados incluyendo rosas de viento y porcentajes de ocurrencia, en un futuro) (Ariza y Perdomo, 2002).

4.2.3 Condiciones de vientos extremos Una extensa búsqueda de los registros históricos de Tormentas entre los años de 1950-2001, permitió seleccionar los huracanes que afectaron el área definida como de interés, considerada como la de mayor incidencia para el establecimiento de las condiciones de tipo extremo en el área de

estudio. (cabe destacar que se requiere un estudio en particular para cada tipo de proyecto y que en todo momento se requieren mayores detalles para el desarrollo del sitio de estudio).

4.2.4 Trayectorias de huracanes Las trayectorias de Tormentas severas aquí presentadas fueron tomadas del "Tropical Cyclone Data Tape for the Caribbean Sea". Se muestran todos los huracanes que pasaron por el área definida. Comprendiendo los huracanes Hazel (1954), Janet (1955), Anna (1961), Edith (1971), Irene (1971), Greta (1978), Joan (1988) y Cesar (1996). Mostrados a manera de resumen en la Figura 4. Nótese que esta gráfica permite establecer la densidad de ocurrencias para el periodo 1950-2001: **Pudiendo afirmar que el sitio del proyecto se encuentra en la trayectoria normal de huracanes registrados en el Caribe** (Ariza y Perdomo, 2002). La Figura 5 muestra las trayectorias de huracanes determinados como de directa incidencia sobre el área de estudio.

4.2.5 Intervalos de retorno de tormenta extrema Con los datos de vientos máximos generados, tomados de los registros históricos, se realizó el ajuste probabilístico con los modelos de Gumbel y Weibull de tres parámetros recomendadas por el "Shore Protection Manual" ($K= 0.75, 1, 1.4, 2.0$), para determinar los límites de excedencia o intervalos de retorno esperados, para los

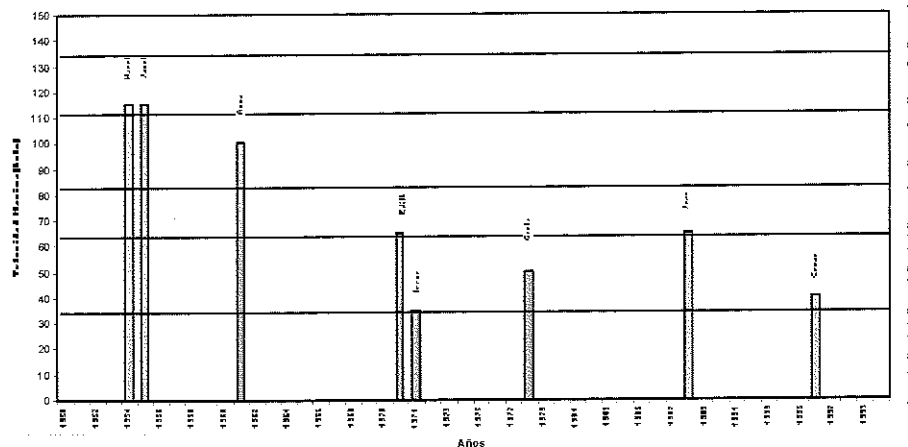


FIGURA 4.
Huracanes con directa incidencia sobre el área de estudio (1950-2001).

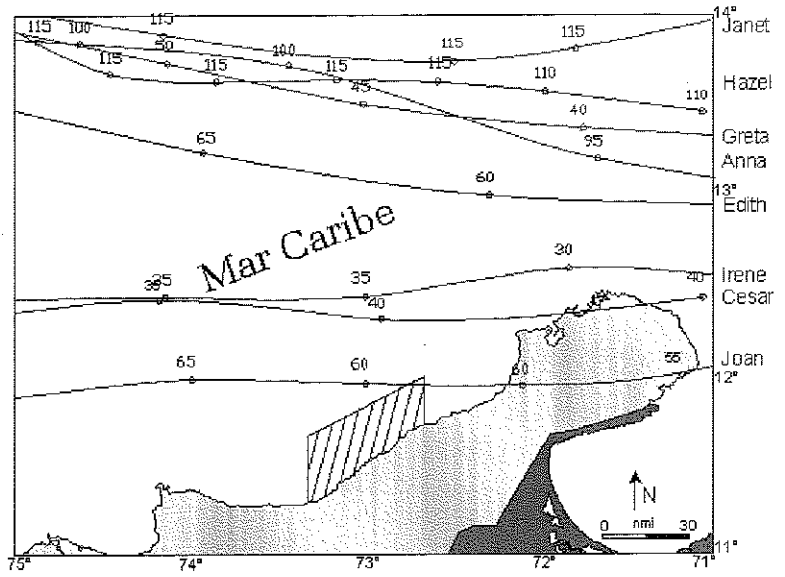


FIGURA 5.
Recorridos de huracanes con directa incidencia sobre el área de estudio.

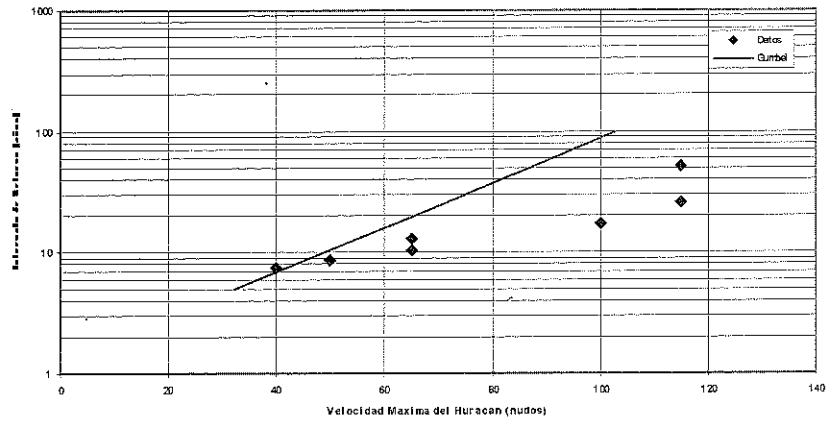


FIGURA 6.
Cálculo de intervalos de retorno para velocidades máximas de huracán (Distribución de Gumbel).

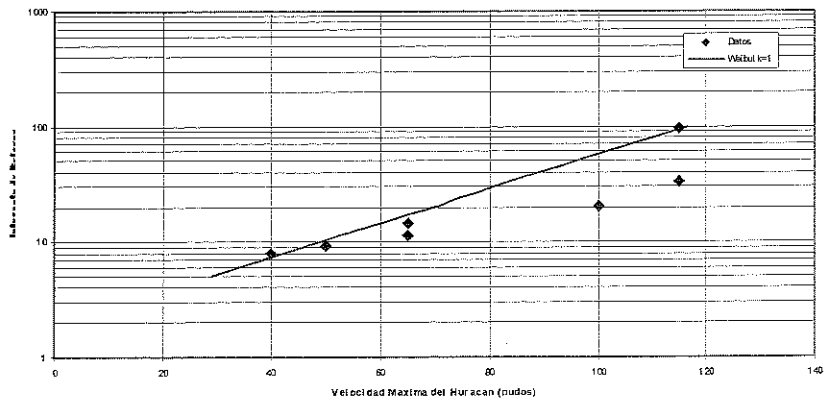


FIGURA 7.
Cálculo de intervalos de retorno para velocidades máximas de huracán (Distribución de Weibull $K = 1$).

periodos: 2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años. Para el establecimiento de la repetición de la condición extrema. Para las condiciones extremas de vientos los ajustes de limite de excedencia en el ojo del huracán, son mostrados en las Figuras 6 y 7. Se determinó que para las velocidades de viento máximo tipo tormenta extrema, el mejor ajuste probabilístico es el de Weibull $K=1$ con un intervalo de retorno esperado a 100 años de 116 nudos (Ariza y Perdomo, 2002).

5. CONCLUSIONES

- En el área de estudio se distinguen dos diferentes temporadas de viento, cuya duración promedio es de cerca de seis meses para cada una; el periodo de vientos mas fuertes se registra de diciembre a mayo, siendo el periodo de junio a noviembre el de los vientos mas tranquilos.
- Durante la temporada de diciembre a mayo los vientos prevalecen en la dirección noreste-nordeste del 65-70 % del tiempo total registrado, con velocidades medias de 13 a 14 nudos.
- Durante la temporada junio-agosto, la prevalencia de los vientos en estas dos direcciones es únicamente del 45 % del tiempo total registrado, con velocidades medias de 10 a 11 nudos.
- El trimestre, septiembre-noviembre es el periodo de mayor calma, los vientos prevalecientes tienen la misma dirección cerca del 20 % del tiempo total registrado, con velocidades medias de 9 nudos.

- Para factores de carácter extremo, se determino hace parte de la trayectoria de recorrido normal de Huracanes en el Caribe, igualmente al realizar la modelación paramétrica se determino que el Huracán de mayor incidencia sobre el área fue el Hazel (1954) y el de paso por el área fue el Joan (1988).
- Para las condiciones extremas de vientos los ajustes de limite de excedencia en el ojo del huracán, determinaron que para las velocidades de viento máximo tipo tormenta extrema, el mejor ajuste probabilístico es el Weibull $K=1$ con un intervalo de retorno esperado a 100 años de 116 nudos

6. Referencias

1. **American Petroleum Institute** API-RP-2A Design and Construction of offshore fixed Platforms
2. **Ariza, J. E. , Perdomo, R. A.;** Análisis de las condiciones existentes en la costa caribe colombiana para la planeación de actividades de exploración y desarrollo costafuera, Tesis de Grado Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander. 2002.
3. **A.R Fallon, P.M. Aagaard;** Specifications for oceanographic, meteorological studies for offshore operations. SPE 4451. April 1975.
4. **National Hurricane Center,** Tropical Cyclone Data Tape for the Caribbean Sea.
5. **US Navy numerical fleet,** marine climatic Atlas V 1.1, 1995 .
6. **U.S Army Corps of Engineers** Hydrodynamic Analysis and design conditions, Shore Protection Manual. Volumen 1 2001.