

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FILIAL MINERO-METALURGICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TRABAJO DE GRADO

ESTUDIO INGENIERO GEOLOGICO PARA FUNDAMENTAR EL PROYECTO
TECNICO DE CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS EN BAHIA HONDA.
PROVINCIA DE PINAR DEL RIO.

GRADUANDO:

Humberto Rivera Nordet

PROFESORES GUIAS:

Rafael Guardado Lacaba

Noel Heredia Veranes

Santiago de Cuba, 6 de Julio de 1976

Año del XX Aniversario del Granma

R E S U M E N

El objeto de nuestro trabajo se encuentra situado en la región de Bahía Honda, provincia de Pinar del Río. En la zona mencionada se encuentra un atraque comercial en desuso que puesto a funcionar nuevamente contribuirá al desarrollo económico de la región y por ende de nuestro país, ya que el mismo será utilizado para carga y descarga de mercancías tanto de importación como de exportación. Por todo esto es necesario un estudio Ingeniero Geológico del mismo así como de las áreas próximas al atraque donde se construirán almacenes, comedores, dormitorios, edificios administrativos y otras edificaciones afines con los puertos.

Para realizar estos estudios se perforaron 23 calas con el fin de determinar las características físico-mecánicas de las rocas del subsuelo pues la zona de trabajo se presenta rellenada casi por completo, cubierta de agua, mangles costeros y una vegetación de aromas.

Las muestras obtenidas de las calas fueron objeto de ensayos de laboratorio, obteniéndose varias propiedades físicas, que junto con las características geológicas determinadas son las que dan las bases para las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

I N D I C E

	Página
Introducción.	1
I.- Características Geográficas y Económicas de la Región.	4
1.1.- Situación geográfica, relieve y caracte rísticas del grado de afloramiento y re cubrimiento del área de trabajo	4
1.2.- Clima y Vegetación.	4
1.3.- Situación del área de trabajo respecto a las carreteras, ferrocarriles, poblados, empresas mineras y otras.	8
1.4.- Economía de la región	9
1.5.- Historia de las investigaciones Ingeniero Geológicas realizadas	9
II.- Características Geologo-Tectónicas.	13
2.1.- Características geologo-tectónicas regio nal	13
2.2.- Características Geomorfológicas Regional.	22
2.2.1. Análisis de los mapas de isobasitas y relieve residual.	23
2.3.- Características de las Condiciones Hidro geológicas.	27
2.4.- Historia del Desarrollo Geológico de la Región.	29
III.- Características Ingeniero-Geológicas.	30
3.1.- Análisis de la condiciones Ingeniero-Geo logicas del área a investigar	30
3.1.1. Condiciones Geomorfológicas	30
3.1.2. Condiciones Geológicas-Litológicas.	33
3.1.3. Propiedades Físicas de las Rocas.	35
3.1.4. Fenómenos y Procesos Físicos y Geo lógicos desarrollados en la zona.	37

IV.- Conclusiones y Recomendaciones.	41
Bibliografía.	43

La construcción de obras portuarias ha sido siem
pre una de las principales ramas de la ingeniería. La
construcción moderna de los puertos incluye en la ac-
tualidad un estudio ingeniero geológico capaz de brin
dar las condiciones geológicas y geotécnicas existen-
tes en la zona, y ofrece al proyectistas las bases ne
cesarias para el proyecto y construcción de la obra,
por esta razón este trabajo es el estudio ingeniero-
geológico de un área específica para fundamentar el
proyecto técnico de construcción de una obra marítima
en la región de Bahía Honda, en la provincia de Pinar
del Río. Esta obra reviste una gran importancia ya que
contribuirá al desarrollo económico de la región, y
por ende de nuestro país; este puerto será utilizado
para la carga y descarga de mercancías, tanto de impor
tación como de exportación, además como toda obra por
tuaria lleva implícita la construcción de almacenes,
edificios administrativos y otras obras afines al puer
to de las cuales se requiere el estudio anteriormente
señalado.

La zona de trabajo esta situada en la dársena que
se encuentra al Nordeste del poblado de Bahía Honda,
este fue proyectado por el Departamento de Inversiones
Portuarias del Ministerio de Marina Mercante y Puertos.

El tiempo de duración del trabajo fue de 5 meses,
durante los cuales se realizó el acopio de los materia
les, levantamiento ingeniero geológico, elaboración de
los datos de perforación y de laboratorio, además de un
mes con el fin de confeccionar el informe y los anexos
gráficos que acompañan a este trabajo.

Este estudio fue guiado por los compañeros Ing.
Noel Heredia Veranes e Ing. Rafael Guardado, profesores

del Departamento de Geología de la Filial Minero Meta
lúrgica de la Universidad de Oriente, y en la produc-
ción por la compañera Ing. Geofísica Rosa Costa jefa
del departamento de investigaciones de dicha empresa.

El objetivo de este estudio, como señalamos ante
riormente es dar la valoración ingeniero geológica de
la construcción portuaria en la región de Bahía Honda.
Cabe señalar que la misma no es un complejo de obras
de gran magnitud desde el punto de vista portuario,
aunque sí de gran importancia en lo que se refiere a
la economía de Pinar del Río.

El área de estudio tiene aproximadamente 40,000
metros cuadrados, en los que se distribuyen el atraque,
almacenes y demás obras de menor envergadura.

Para realizar el estudio se perforaron 23 calas
utilizando el sistema de Perforación a Columnas con
una máquina UGB-50M, obteniéndose un total de 251 me-
tros lineales perforados; además se tomaron muestras
efectuándoseles a las mismas los correspondientes en
sayos de laboratorio. Se realizó visitas de reconoci-
miento y mapeo geológico a gran escala en la zona de
estudio.

Por último, quisieramos agradecer a los compa^ñie
ros guías de la Escuela de Geología por su colabora-
ción y sus orientaciones en los trabajos realizados,
también a la compañera guía de la producción por las
facilidades prestadas durante la realización de dichos
trabajos y por habernos puesto en contacto con una ex
pedición soviética que se encontraba en la Habana e
fectuando los estudios del puerto; con los cuales tra
bajamos cerca de un mes, siendo este trabajo de gran
provecho para la reafirmación de los conocimientos ad
ad

quiridos con anterioridad, así como el empleo de nue
vos métodos de estudio para este tipo de investiga-
ciones. Agradecemos al compañero Alcides Sevilla, to
pografo de la empresa, por su ayuda prestada en la con
fección de los planos topográficos y otras tareas. Al
compañero Ing. Marcelo Martínez por su colaboración
en este trabajo y a los demás compañeros que aunque
de forma indirecta hicieron posible el trabajo que a
continuación presentamos.

CAPITULO I
PARTE GENERAL

1.1.- Situación geográfica, relieve y características del grado de afloramiento y recubrimiento del área de trabajo.

El área de trabajo se encuentra ubicada en la dársena que aparece al Nordeste del poblado de Bahía Honda, limitado por las siguientes coordenadas: $88^{\circ}18'06''$ de longitud Oeste y $22^{\circ}58'24''$ de latitud Norte, estando toda el área contenida en la carta topográfica - 3584-I de ICGC a escala 1:50,000. El área de estudio ocupa una extensión aproximada de 40,000 metros cuadrados (anexo No. 1). Los límites naturales del área de trabajo son los siguientes: al Norte se encuentra el Golfo de México, al Sur la Sierra del Rosario, al Este la Bahía de Cabañas y al Oeste la divisoria secundaria de las aguas del río Mani-mani.

La topografía del área de estudio se presenta llana pues la cota máxima no sobrepasa los 2 metros, aunque el relieve es bastante accidentado hacia el Sur.

En la zona de estudio las rocas afloran a la superficie en algunos puntos, y generalmente sobre ellas aparece un espesor de recubrimiento formado por material del relleno y un material arcilloso de color beige, donde el espesor del relleno varía de 0 - 2 metros, además dentro del área como material de recubrimiento aparece una zona de relleno con residuos minerales los que fueron depositados anteriormente para ser embarcados por patanas.

1.2.- Clima y Vegetación.

El clima, al igual que el del resto del país se encuentra influenciado por su proximidad al Trópico de Cancer, no obstante la influencia del mar modera la temperatura así como la ubicación geográfica crea un

ambiente climático dentro de las condiciones tropicales mas moderadas que las manifestadas en las regiones mas orientales del país, esto se explica por su proximidad a la América del Norte, y por ser esta zona (dentro de la Isla) de las primeras en recibir los "Nortes" en forma de grandes masas de aire frío que nos llegan del continente en épocas invernales. En general, el clima es considerado como subtropical aunque algunos autores lo consideran de sabana húmedo, diferenciándose claramente las estaciones de lluvia (mayo-octubre) y la de seca (noviembre-abril).

De acuerdo con los datos climatológicos registrados en la estación meteorológica de Bahía Honda durante el período 1964-1973 los cuales aparecen en las tablas 1 y 2 se concluye que la temperatura media anual es de 29.5°C , siendo la mínima media anual de 19.5°C , las cuales tienen ciertas diferencias con las del resto del país. Los meses mas fríos corresponden a los de enero y febrero, registrándose en los mismos temperaturas que oscilan entre $7-7.6^{\circ}\text{C}$ y los meses de mayor temperatura son los de julio y agosto donde alcanzan valores de $32 - 34^{\circ}\text{C}$. La humedad relativa media presenta los siguientes valores: humedad máxima 91%, humedad mínima 65%, ambas en promedio anual. Las precipitaciones para el mismo período de tiempo tienen como promedio anual 1 587 mm, aunque esta varía en determinadas zonas siendo un poco más abundante hacia la Sierra de los Organos y del Rosario. Se observa que el valor medio de mayor precipitación es el mes de junio al-

canzando un valor de 334.3 mm, siendo el de marzo el de menor valor con 49 mm.

En los anexos 2, 3, 4, se expone la Roseta de los Vientos en la cual se puede observar la frecuencia de los mismos, su intensidad y los períodos de calamas relativos. En el anexo 6 se da una explicación para las figuras presentes en ellos.

La vegetación de la región esta compuesta por mangles, aromas y otros arbustos típicos de vegetación costera. (Foto 8)

1.3.- Situación del área de trabajo respecto a las carreteras, ferrocarriles, poblados, empresas mineras y otros.

Las vías de acceso a esta obra portuaria estan dadas por una carretera, actualmente en construcción que une el puerto de Bahía Honda con el Central Harlen distante aproximadamente diez kilómetros. El central se encuentra entrelazado por una red de carreteras y caminos que la une con la carretera del Circuito Norte de Pinar del Río.

Refiriéndonos a la dársena para el acceso a la misma del buque es necesario utilizar el canal de entrada a la bahía, dicho canal tiene un fondo arenoso del lado Este mientras que del lado Oeste presenta un fondo rocoso, con un ancho aproximado de 50 metros y con una profundidad de 9.5 metros hasta el fondeadero Corojal donde se embarca el azúcar del Central Harlen. Los buque pueden entrar o zarpar a la luz del día debiendo aprovechar la marea mas favorable. Es necesario señalar que el canal de entrada debe ser utilizado en un curso a la vez, o sea que no es posible que circulen

dos buques al mismo tiempo por él.

El poblado mas cercano al área es el Central Har
len y el poblado de Bahía Honda aproximadamente a unos
17 kilómetros.

1.4.- Economía de la región.

La economía de la región esta basada fundamental
mente en el cultivo de la caña de azúcar y la produc-
ción de azúcar (Central Harlen), así como el embarque
de la misma y del embarque de minerales a través del
fondeadero corojal, además existen planes agrícolas
que contribuyen a la economía de la zona. En el futu
ro el atraque en estudio será especializado en la ma
nipulación de cargas en general en la que se incluyen
maderas, artículos de consumo, elementos prefabricada
dos y otros tanto de importación como de exportación
lo que ayudará al desarrollo económico de la región.
En esta zona no existe fuente de energía eléctrica
por lo que se hace necesario la construcción del tenu
dido eléctrico para garantizar dicha energía a las fu
turas instalaciones.

1.5.- Historia de las investigaciones ingeniero geo lógicas realizadas.

Como puede verse en el mapa de ubicación(anexo 1)
y como ya hemos referido anteriormente nuestra area es
muy reducida, siendo esta la primera vez que se realiza
n investigaciones de este tipo en la zona. No obs-
tante es posible señalar algunos trabajos en zonas cerca
nas y áreas que bordean la bahía, por esta razón da
remos una secuencia de los trabajos realizados en la
región.

Los primeros estudios de los cuales tenemos conoci
mientos datan del año 1956, realizado por C. W. Hatten

y Meyerhoff titulado Reconocimiento Geológico de Bahía Honda, Sierra del Rosario y de la zona Sur de Bahía Honda, este trabajo profundiza en las condiciones geológico estratigráfica de la región. Posteriormente los estudios se enriquecieron con los trabajos hechos por P. Bronzman 1959, con los de Furrázola-Judoley 1964. En 1965 se realizaron estudios de la región los cuales estuvieron a cargo del Dpto. de Geología del Ministerio de Minería Combustible y Metalurgia, estos estudios tuvieron la finalidad de presentar un resumen actualizado con datos recientes de la geología de la región Nordeste de Pinar del Río, desde la Bahía de la Mulata hasta la de Cabañas, se hicieron estudios micropaleontológicos, de secciones delgadas de las rocas colectadas en el área, además tuvieron en cuenta la información paleontológica de mas de 15 pozos petrolíferos perforados hace varios años en esta región. En el mismo año se realizaron estudios de la costa Nordeste de Pinar del Río, precisamente aledaña a nuestra área de trabajo, estos estudios estuvieron a cargo de la Academia de Ciencias de Cuba, con el objetivo de investigar los sedimentos y el relieve litoral de la costa, de ello se pudo determinar que la región estaba caracterizada por la presencia de barras lasiformes y varios niveles de terrazas, así como formas de relieve costero denominado tombols los cuales son muy raros en nuestro país. Todos estos trabajos tienen un sentido estratigráfico y paleontológico.

Ya con el triunfo de la Revolución comienzan los trabajos geológicos en la provincia de Pinar del Río con distintos fines, en este sentido el Ministerio de

Minería y Geología lleva a cabo diversos trabajos de búsqueda y exploración de minerales útiles ampliando aun mas la información sobre la zona. En el año 1970 se realizaron estudios geomorfológicos regionales en la zona de los cuales se pudo determinar los movimientos neotectónicos de la región, en dichos estudios - fueron aplicados los métodos de disección vertical del relieve, métodos de análisis del alineamiento fluvial, método de isobasitas y método del relieve residual. A demás de los trabajos mencionados aparecen estudios minerográficos y mineralógicos regionales pero los mismos revisten poco interés para nuestras investigaciones.

En la región se realizaron trabajos de Geofísica, entre ellos se puede mencionar el presentado por S. García y R. Orbera 1973 (Informe de sistematización geofísica del Nordeste de Pinar del Río), siendo este trabajo un estudio de la Geofísica Regional referido al campo magnético.

Desde el punto de vista ingeniero geológico y geotécnico se han realizado los siguientes trabajos:-

En el año 1959 se realizaron estudios del subsuelo para fundamentar la construcción de un puente sobre el río San Miguel, en este estudio se perforaron 6 calas encontrándose sedimentos limoarcillosos y arena sobre un basamento de esquistos arcillosos. En 1960 se realizaron investigaciones del subsuelo para la obra del puente sobre el río San Diego, para el camino vecinal San Diego-Nuñez-Sorca en los cuales se realizaron 7 calas, con la finalidad de evaluar las distintas capas de acuerdo con su espesor y propiedades fisico mecanicas. En estos estudios se pudieron determinar calizas

y arcillas con distintos espesores y distintas propiedades.

En el año 1961 se estudió una zona próxima a nuestra área de trabajo, este estudio tuvo como objetivo la fundamentación de la construcción de un puente en la curva Los Nuñez, próximo al Central Harlen para lo cual se perforaron 7 calas, no haciéndose referencia de la litología de la zona.

En 1963 se realizó un estudio geotécnico para la ampliación y reconstrucción del puente San Miguel en la intersección del río Mani-mani y la carretera del Circuito Norte, para ello se perforaron 6 calas pudiéndose determinar depósitos eluviales próximos al río, arenas, gravas y arcillas sin mas detalles de estos estudios.

En el año 1974 se realizaron estudios del subsuelo para la construcción de un edificio industrial en las cercanías del poblado de Bahía Honda, en estos trabajos se realizaron 16 calas, pudiéndose obtener a través de ellas sedimentos arcillosos, gravas, arenas sin especificar mas detalles de los estudios.

CAPITULO II
PARTE GEOLOGICA

2.1.- Características Geologo-Tectónicas Regional.

Desde el punto de vista regional la zona se encuentra ubicada en la unidad tectónica Bahía Honda y tiene por límites: al Norte el Golfo de México, al Sur la Falla de Consolación del Norte, al Este la Bahía de Cabañas y al Oeste la Bahía de la Mulata.

Si observamos el mapa geológico regional vemos rocas pre Cuaternarias formadas por Gabros de edad Cretácica, complejo vulcanógeno sedimentario del Paleógeno, así como materiales terrígenos del Paleógeno, calizas detríticas y organógenas del Neógeno y calizas organógenas del Cuaternario, todo esto forma desde el punto de vista regional los complejos geológicos que circundan a Bahía Honda.

Como se puede observaren el trabajo de G. Furrazo la Bermudez titulado Geología del Nordeste de la Provincia de Pinar del Río, el cual tiene como finalidad presentar un resumen actualizado con datos recientes de la geología de la región Nordeste de Pinar del Río, el que se expone a continuación.

Cretácico Superior.

Son las rocas mas antiguas que afloran en diversas localidades, se divide en 3 secuencias diferentes en litologías. La secuencia inferior que comprende rocas carbonatadas en la que predominan las calizas. La secuencia media que esta constituida fundamentalmente por esquistos silíceos, areniscas y aleurolitas; la secuencia superior en la que predominan las rocas efusivas básicas y sus tobas y rocas piroclásticas.

Secuencia Inferior:- Predominan las calizas, pero hay intercalaciones de esquistos silíceos, areniscas calcáreas y conglomerados-brechas. Las calizas estan bien es

tratificadas en capas de espesores variables presentando variaciones de grano fino a medio; los colores predominante son oscuros o gris. En los esquistos se observan colores y mineralización variable. Las areniscas calcáreas contienen fragmentos de cuarzo poco rodados, el carbonato se presenta en forma de calcita por recristalización. Se presentan también conglomerados-brechas los cuales contienen fragmentos de calizas y esquistos. Estas rocas pueden observarse en forma de intercalaciones dentro de las calizas. El espesor total de esta secuencia no sobrepasa de los 800 metros.

La edad de esta secuencia se ha dado sobre la base de la fauna de los foraminíferos siguientes: *Surcoperulina* spp., *Vaughanina cubensis*, *Orbitoides* spp., Miliólidos y algas calcáreas arrecifales.

El contacto con la secuencia media no se ha observado claramente.

Secuencia Media:- Aquí predominan los esquistos silíceos pero se observan intercalaciones de rocas efusivas. También aparecen capas de calizas, alaurolitas, areniscas y esquistos micáceos, de clorita y sericita. En la parte alta de esta secuencia predominan las rocas efusivas y en la parte baja los esquistos de diversas composiciones. Los colores de las rocas silíceas son variados, con estratos de espesores de medio a fino que pueden ser arenosos y arcillosos. Las areniscas pueden ser poligénicas, a veces calcáreas, y en ocasiones predominan los elementos silíceos. Los componentes mas comunes de las areniscas son: cuarzo, plagioclasas (andesina, labrador), piroxeno, mica, observándose también elementos efusivos variados. Los espesores son variables.

En las intercalaciones efusivas de esta secuencia predominan las porfiritas basálticas, de colores oscuros variados. El espesor de estas intercalaciones varía entre unos metros hasta varias decenas de metros. Estas intercalaciones tienen una extensión horizontal desde unos cientos de metros hasta uno o dos kilómetros. En estas rocas se observan fenocristales de plagioclasas en una matriz de plagioclasas, piroxenos y cristales de diferentes minerales. El espesor total de la secuencia no es mucho mayor de 600 metros. La microfauna observada en esta secuencia comprenden formas del Maastrichtiano (Sulcoperculina) así como fósiles redepositados de pisos inferiores (Hedbergella).

Secuencia Superior:—Esta secuencia que corresponde fundamentalmente a rocas efusivas básicas y piroclásticas incluye también en menor cantidad jaspe, calizas, areniscas y arcillas. Debido a sus características litológicas se puede dividir en 4 subsecuencias que de abajo hacia arriba son las siguientes:

Subsecuencia Inferior: comprende porfiritas basálticas con abundantes intercalaciones de tobas, escasamente se presentan porfiritas andesíticas. Las tobas son de espesor y composición variables, predominando la del tipo basáltico. También son comunes los lentes de pedernal, cuarzo y pequeños lentes de mica. A menudo se encuentran caparazones de radiolarios. Entre los elementos minerales se destaca la presencia de pirita y hematita. En menor cantidad se encuentra arcilla y caliza en capas delgadas. El espesor máximo de toda la subsecuencia es de unos 600 metros.

En la segunda subsecuencia aparecen rocas similares a la de la inferior, pero también aparecen porfiritas andesíticas, además se diferencia por la menor cantidad de rocas silíceas. Las tobas varían notablemente en su espesor. No se observan microfósiles. El espesor máximo de esta parte es de 400 metros. Los colores predominantes son grises y oscuros.

En la tercera subsecuencia aparecen además de los efusivos y sus tobas abundantes cantidades de rocas sedimentarias representadas por arcillas, areniscas, calizas y conglomerados. Las rocas sedimentarias pueden alcanzar casi 200 metros de espesor en algunas regiones, pero pueden estar reducidas a unos 5-10 metros en otras áreas. En algunas áreas solo se observa un solo tipo de roca sedimentaria, mientras que en otras partes dichas rocas aparecen en forma alterna o intercaladas entre sí, a veces los sedimentos predominan sobre los efusivos. Los sedimentos de tipo granular pueden tener el cemento calcáreo, tobáceo o ambos tipos, por tanto los colores de estas rocas pueden ser de tonos claros a oscuros.

En los conglomerados se observan fragmentos de rocas sedimentarias y también de efusivas, y a menudo los fragmentos son angulosos típicos de una brecha.

En los sedimentos de grano fino se observan restos de radiolarios, mientras que en las calizas hay mas abundante foraminíferos. Entre los microfósiles mas comunes se pueden citar: Globotruncana sp., Sulcoperculina spp., fragmentos de Raditas, algas arrecifales y ostrácodos. El espesor máximo es de poco mas de 200 metros.

La cuarta subsecuencia presenta en su porción inferior porfiritas basálticas y andesíticas, mientras que en la parte superior predominan las arcillas, tobas y areniscas.

Las porfiritas y tobas son de color gris a pardo, presentándose en capas no mayores de 5 metros; a veces se observan bombas volcánicas de idéntica composición que las porfiritas y tobas. Es común observar un cemento silicio-calcáreo o arcilloso. A veces en las areniscas se observan granos de rocas efusivas basálticas y andesíticas.

La microfáuna característica es Globotruncana, Sulcoperulina, así como especies de la familia Pseudoorbitoidae. El espesor máximo de esta subsecuencia no sobrepasa los 400 metros.

Paleoceno.

Comprende 2 secuencias, una inferior compuesta de calizas, margas, areniscas poliméticas, arcillas y conglomerados. La parte superior comprende fundamentalmente calizas pero lateralmente pueden observarse areniscas. En la parte inferior de esta edad, en los conglomerados se observan fragmentos de rocas basálticas, serpentinitas y lentes de bitumen. La fauna más común es de Foraminíferos entre los que deben citarse Globorotalia compresa, Globigerina pseudobulloide, etc. El espesor de esta parte es menor de 200 metros. En la parte superior son más escasos los fragmentos de rocas efusivas e intrusiones del Cretácico Superior y a veces no se observan, lo mismo ocurre con el material bituminoso. En las calizas se observan Foraminiferos grandes de poca profundidad, pero en los sedimentos finos hay abundantes planctónicos.

Las especies mas comunes son: Globorotalia angulata, Globigerina spp. entre los planctónicos. Los bentónicos son: Nummulites bermadizi, Asterocyclina sp., Discocyclina berkiri, etc. El espesor de esta capa no pasa de 300 metros, siendo muchos menor en algunos casos.

Eoceno.

El contacto de estas rocas con las del Paleoceno no esta bien aclarado debido a fuerte plegamiento y fallas que se observan en diversas localidades. Al parecer, el Eoceno Inferior es concordante con el Paleoceno, siendo la litología de ambas edades muy parecidas, lo que dificulta su diferenciación en el campo.

En el Eoceno Inferior predominan las areniscas, calizas y margas que contienen abundante microfauna tanto bentónica como planctónica, entre las que se citan Asterocyclina spp., Discocyclina spp., Globorotalia planeral, etc.

El espesor de esta capa oscila alrededor de los 200 metros. Localmente sobre el Eoceno Inferior pueden observarse capas del Eoceno Medio constituidas por margas, calizas y areniscas que presentan fosiles caracteristicos de esta edad, pero a menudo pueden observarse rocas similares litologicamente cuya fauna corresponde al Eoceno Superior. Este fenómeno se puede explicar teniendo en cuenta que durante el Eoceno Medio se produjeron intensos movimientos tectónicos en toda la Isla conocidos como Orogénesis Cubana; tales movimientos causaron ausencia de sedimentación en el Eoceno Medio, por lo que son comunes los hiatos entre las capas de esas edades. Puede presentarse también una discordancia angu-

lar entre el Eoceno Inferior y la serie del Eoceno Medio Superior. Estos fenómenos se detectan a menudo en la superficie y también en los pozos petrolíferos.

La fauna de esta Serie está constituida fundamentalmente por Foraminíferos bentónicos y planctónicos referidos a los géneros Globorotalia y Globigerina, así como también Hankenina, Lepidocyclina y Asterocyclina, etc.

El espesor máximo del Eoceno Medio Superior en esta región no sobrepasa los 120 metros, siendo bastante menor en muchos afloramientos.

Oligoceno.

Las rocas de esta edad han sido identificadas principalmente en los pozos de exploración petrolífera. También se han observado algunas capas de esta edad en afloramientos próximos a la costa. En general los sedimentos no abundan en esta parte de la provincia de Pinar del Río y no se ha podido establecer una correcta zonación bioestratigráfica debido a fuertes variaciones faciales dentro de la misma época.

Entre las rocas de esta edad se pueden encontrar margas, calizas, conglomerados, arcilla, etc; en algunos pozos se presentan pequeñas intercalaciones de yeso, y brechas. Los fósiles son diversos, según las condiciones paleoecológicas pudiendo observarse foraminíferos, moluscos, algas, equinodermes y otros. Localmente las rocas oligocénicas pueden pasar los 200 metros de espesor, habiéndose observado espesores mayores en algunos pozos. El contacto con el Eoceno no siempre es visible, pero parece concordante y a menudo se observa una transición gradual entre ambas edades.

Neógeno.

En esta región el Neógeno esta representado por rocas del Mioceno, mas comunmente por calizas, aunque se puede observar gruesos espesores de margas. A menudo las rocas miocénicas contienen fragmentos de rocas mas antiguas, muy alteradas y de difícil identificación. Las calizas son generalmente arrecifales y contienen numerosos microfósiles típicos de aguas poco profundas entre los que se citan Lepidocyclina, Miogypsina sp., Heterostegina sp., y otros. También son abundantes los restos de moluscos, corales, equinodermos y otros fósiles.

En algunos perfiles de pozos, el Mioceno parece descansar concordantemente sobre las rocas oligocénicas pero en varias localidades los afloramientos miocénicos estan separados de los del Oligoceno por una discordancia angular, con inclinación variable lo cual debe estudiarse detalladamente para precisar la verdadera naturaleza del contacto.

El espesor máximo es de 400 metros, teniendo un promedio de 240 metros.

2.1.1.- Tectónica.

Esta región se caracteriza por numerosos pliegues y fallas muy complejos que constituyen lo que se llama Depresión de Bahía Honda.

El tectonismo mas intenso se produjo en el Cretácico Superior pero toda la región fue afectada por movimientos mas o menos intensos que ocurrieron en el Eoceno Medio. Dichos fenómenos determinaron que en esta región se puedan distinguir dos pisos estructurales: el Piso Estructural Cretácico Superior y el Piso Estructural del Eoceno. Los movimientos que afectaron la re

gión en el período Jurásico no son susceptibles de es
tudios detallados, puesto que las relaciones entre el
Cretácico y el Jurásico no están bien manifestadas y
su estudio se hace sumamente difícil.

Tanto en el Cretácico Superior como en el Paleóg
eno se observan en esta zona numerosas fallas y plieg
ues. En ambos períodos predominan las grandes dislo-
caciones que tienen una dirección sublatitudinal con
fallas y pliegues menores, perpendiculares a las de-
formaciones tectónicas mayores. A veces se observan
pliegues de arrastres y anticlinales volcados. Es pos
ible observar también fallas escalonadas e inve
rti
das con pocos metros de desplazamiento.

Los plegamientos más fuertes y pronunciados se
observan en el Cretácico Superior, los ángulos de buz
amiento pueden llegar a veces hasta 80° variando en
tre $40-60^{\circ}$ predominando los más abruptos. En el Paleóg
eno son menos abruptos y los buzamientos oscilan en
tre $20-30^{\circ}$. Los pliegues son más simétricos en esta
edad.

Las fallas más grandes del tipo fallas profundas
son las más antiguas sirviendo de vías para la intrus
iones de peridotitas e igneos básicos. Generalmente
los pliegues de esta región presentan la cresta incli
nada al Norte. Además las fallas de diversos tipos cor
tan y hacen más complejos plegamientos.

Todas las dislocaciones descritas afectan al Cret
ácico y al Paleóg
eno, en cuyas rocas se observan cl
aramente distintos tipos de desplazamientos y fenómenos
relacionados con el tectonismo. También dichos fenómen
os afectan el macizo de rocas intrusivas, especial-
mente a las rocas ultrabásicas. En las rocas ultrabás

sicas, se pueden observar muy bien los planos de fallas en los que se presentan fenómenos de esquistosidad. Dicha esquistosidad se presenta también en los flancos de los pliegues adyacentes que han sido volcádos o recostados unos con otros.

Una situación similar se presenta en la zona de contacto entre los efusivos tobas y brechas con los sedimentos y los intrusivos. Las tensiones debido a los empujes tectónicos han producido en esta región diversas grietas y fracturas complicadas, en la que también se advierten fenómenos de esquistosidad. Dichas fracturas o grietas con planos de esquistosidad también existen en los macizos de gabros y dioritas.

En las rocas sedimentarias consolidadas o masivas, debido a las presiones tectónicas, las grietas y fracturas tienen una forma característica, presentando dichas fracturas el aspecto de plano de clivaje. En estos planos o grietas se observan manifestaciones minerales secundarias.

2.2.- Características Geomorfológicas Regional.

Los estudios geomorfológicos realizados en la realizados en la región ha sido llevado a cabo por la Empresa de la Minería y Geología, titulado Investigaciones Morfométricas en la zona de Cabañas-Bahía Honda (1975), que a continuación exponemos:

La metodología de trabajo esta conformada por el desarrollo de cuatro métodos de la Geomorfología Cuantitativa; Método de la Disección Vertical del Relieve, Métodos de Análisis de los Alineamientos Fluviales, Método de la Disección Horizontal y Métodos de las Isobasitas y Relieve Residual, siendo este último el que se explicará, ya que el mismo es el que mas informa

ción ofrece y al mismo tiempo el que mejor revela las nuevas estructuras. Este método es empleado en el estudio de las deformaciones que sufren las superficies básicas de erosión, por el resultado de los movimientos neotectónicos. Para el estudio de los movimientos recientes por este método se desarrollaron los siguientes puntos:

1. En el mapa topográfico se levantó el drenaje teniendo en cuenta la dirección de las flexiones de las curvas de nivel, y se ordenaron los valles según la clasificación de V. P. Filosofov.
2. Posterior al ordenamiento de los valles se trazaron las isobasitas con lo cual quedaron constituidos los mapas de superficie básica de segundo, tercero, cuarto y quinto orden (ver anexo gráfico # 5).
3. Simultáneamente con los mapas de la superficie básica se localizaron los puntos de intersección de estas a diferentes alturas con diferentes órdenes.
4. Los valores obtenidos fueron unidos mediante el método de la triangulación y se obtuvo un mapa final con los contornos de las nuevas estructuras.

2.2.1.- Análisis de los mapas de isobasitas y relieve residual.

En nuestra zona de trabajo ha sido de gran utilidad el análisis de la superficie básica y relieve residual.

Los mapas de superficie básica de diferentes órdenes nos han brindado la posibilidad de reconocer los cambios geológicos ocurridos en la zona. La superficie básica de segundo orden se encuentran a diferentes alturas, y se extienden desde las zonas próximas a las costas hasta los límites al Sur de la zona de estudio.

estos se flexionan en los lugares donde existen fallas transversales, y tienden a formar lazos semicerrados alrededor de los sectores de levantamiento del terreno, y en la parte Sur de tramo en tramo adoptan posiciones mas o menos paralelas a las grandes fallas sublatitudinales. Analizando los gradientes de estas superficies básicas se notan que estos son mas marcadas. En el Sur la superficie básica de tercer orden se alejan un poco de la costa, pero mantienen las mismas características que la de segundo orden. Hay que destacar que la superficie de segundo y tercer orden son las relacionadas con las formas más jóvenes del relieve y por ende, con los movimientos neotectónicos.

Las superficies de cuarto y quinto orden se encuentran alejadas del sector costero y sus flexiones son moderadas. Ellas se localizan en la porción Sur de la zona de trabajo, y por ello se puede dividir la zona en dos grandes sectores, uno Norte y otro Sur, que se diferencian en los elementos geológicos y geomorfológicos. Las posiciones de las superficies básicas de cuarto y quinto orden son bastantes regulares y alineadas, aumentando su gradiente en las proximidades de las fallas sublatitudinales.

De todos los mapas morfométricos el mas importante es el de Diferencia de la Superficie Básica de Erosión. Este nos muestra los sectores que han experimentado ascenso o descenso relativo de la corteza terrestre en los períodos mas recientes. De acuerdo con este mapa la zona queda dividida en dos regiones: una Sur donde las diferencias son mas marcadas y numerosas y otra al Norte donde las diferencias son menos marcadas. Por el análisis de este mapa se han podido detec

tar 42 sectores de levantamiento así como sus límites.

La intensidad de la diferencia en la región Sur fluctúa entre los 10 y 40 metros, siendo más notable los máximos de 20 metros; las formas de los sectores por lo general son isométricas aunque en muchos casos tienden a dar formas elípticas o muy próximas a estas.

La región Norte se caracteriza por tener variaciones en las diferencias de 1-30 metros, pero los casos de más de 20 metros son bastante raros. Las formas son asimétricas y semielípticas, y no es posible hablar de una dirección marcada.

El mapa de relieve residual nos muestra que el mayor volumen de las rocas que quedan por ser barridas por la erosión se localizan en la porción Sur de la región de trabajo, los valores máximos se encuentran alineados lo cual facilita la localización de las fallas y dirección de los bloques.

En la región Norte esta lineación se hace un tanto vaga y no muestra con claridad las direcciones. El relieve residual en el Norte raras veces alcanza más de 50 metros mientras que en el Sur sobrepasa en muchos casos los 100 metros.

Con esta idea general del comportamiento de los distintos datos morfométricos se puede decir que la zona de trabajo queda dividida de la siguiente forma:

Región Sur, que se caracteriza por estar dividida en bloques separados por fallas longitudinales y transversales. Estos bloques están compuestos por sectores de levantamiento con amplitudes de hasta 50 metros de deformaciones de las superficies básicas, lo que se puede diferenciar en el mapa de superficies básicas. La región Sur se encuentra dividida en 7 pe

queños bloques que se diferencian por los valores de los parámetros morfométricos.

Bloque No. 1, se encuentra situado en la región Suroeste de la zona de trabajo y esta compuesto por 4 sectores de levantamiento locales y se encuentra limitado al Sur por una falla que cubre casi toda la zona de estudio, al Norte por una falla detectada por datos geomorfológicos, por el Oeste el límite no puede ser apreciado y al Este se encuentra limitado por una falla determinada por datos Morfométricos. Este bloque tiene buenas manifestaciones en el relieve al igual que las fallas propuestas que lo limitan. Los valores de la disección vertical del relieve fluctuan entre 20 y 120 metros y la densidad de drenaje fluctua entre los 4,000 - 9,000 metros/kilómetro cuadrado.

Bloque No. 2, esta situado al Este del bloque 1 y limitado al Sur por la misma falla que limita al bloque No. 1, al Norte y Este por dos fallas propuestas por geología. El valor máximo de la diferencia de los tres sectores de levantamiento de la superficie básica es de 40 metros, y los valores del desmembramiento vertical en los sectores de levantamiento fluctuan entre 20 y 30 metros; los valores de la densidad de drenaje se hallan entre 4,000 y 8,000 metros/kilómetro cuadrado aproximadamente.

Para no repetir los mismos datos podemos decir que los restantes bloques que componen la región Sur mantienen mas o menos la misma característica que la de los bloques antes descritos.

La Región Norte se comporta como un todo y no ha sido posible su separación en bloques. En extensión es mucho mayor que la zona Sur y sus límites vienen dados por una serie de fallas sublatitudinales y por

el máximo alcance de las isobasitas de cuarto y quinto orden. Los sectores de levantamiento se encuentran bastante espaciados y su intensidad no sobrepasa los 30 metros, esta compuesta por 16 estructuras nuevas y los valores de la disección vertical del relieve no sobrepasan los 30 metros, así como los de la densidad del drenaje fluctúan entre 1,000 y 6,000 metros/kilómetros cuadrados. Los levantamientos más notables en esta zona son: El Corojo, donde la densidad del drenaje es de 4,000 a 5,000 metros/km² en la periferia y el valor de la disección vertical del relieve de 4 a 6 metros; Candelaria cuya densidad del drenaje es de 3,000 a 5,000 metros/km² y la densidad de la disección vertical de 10 metros; Recompensa, con un valor de densidad del drenaje de 4,000 a 6,000 metros/km² y la disección vertical de 30 metros. Como se ve de estos datos hay variaciones entre los valores morfométricos, los que nos dicen que la intensidad de los movimientos neotectónicos en estos bloques no es uniforme.

2.3.- Características de las Condiciones Hidrogeológicas.

Hacia el Norte del Anticlinorium de Pinar del Río está situado el Sinclinatorium de Bahía Honda, parte considerable del cual está cubierto por el mar. Dentro de los límites del Anticlinorium la línea divisoria subterránea está desplazada hacia el Norte. Al Norte de esta línea las aguas subterráneas circulan en dirección del Golfo de México. El movimiento se hace a través de fisuras de intemperismo y posiblemente por dislocaciones tectónicas.

La región es contigua a la pendiente Norte de la zona montañosa de la Sierra del Rosario, presentando

un relieve preferentemente montañoso atravesado por una pendiente hacia el Norte, hacia donde esta dirigido el escurrimiento superficial. La constitución geológica de la región es compleja y esta representada por rocas intrusivas, efusivas y sedimentarias, cerca no a ella hay un complejo de agua subterránea.

Las rocas vulcanógeno-sedimentarias son las mas difundidas, considerandose que entre sus capas existe un complejo acuífero. Las rocas sedimentarias estan representadas por sedimentos de edad Jurásico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. En ella se sabe que existe un complejo de agua subterránea entre sus grietas y fisuras. Las rocas del Cretácico Superrior estan representadas por conglomerados de calizas, esquistos y areniscas, en ellas hay un complejo acuífero carstico. Los sedimentos del Paleoceno y del Eoceno estan representados por rocas arcillosas con una mezcla de arena calcárea y cascajo, areniscas calcáreas y arcillosas, calizas arenoarcillosas, aleurolitas y margas. En ellas el agua se encuentra ocupando las pequeñas fisuras, grietas y poros de las capas. Los sedimentos del Mioceno estan distribuidos principalmente a lo largo de la costa, estando representados por calizas compactas, fracturadas y carstificadas, en estas rocas se distingue un complejo acuífero entre las grietas y cavidades carsticas. Los sedimentos Cuaternarios estan representados por formaciones turbocenagosas de poca permeabilidad. En la parte Este de la zona los sedimentos estan representados por calizas cavernosas que se extienden en forma de bandas estrechas a lo largo del mar con pequeñas variaciones de la altura, estos sedimentos presentan a

guas subterráneas depositadas en cavernas que se en encuentran presentes.

Todos estos acuíferos a los cuales hemos hecho mención en este epígrafe no han sido estudiados hasta el presente con la amplitud requerida.

2.4.- Historia del Desarrollo Geológico de la Región.

Al hacer el análisis de este desarrollo geológico hemos tomado como criterio para el mismo lo vertido por V. Pokrinspin y V. Shivokov (Revista Tecnológica, No. 4, 1966, pag. 20) pues consideramos que es uno de los mas completos que hemos revisados.

Teniendo en cuenta que las rocas mas antiguas que hasta el momento estan presentes en la región son de edad Cretácico, es por ello que el desarrollo geológico se describirá a partir de este período.

El piso Aptiano-Cenomaniano se caracteriza por una intensa manifestación de movimientos ascendentes, con erupciones de lavas de composición media, fundamentalmente subterráneas, siendo en esta región de Bahía Honda donde ocurren los procesos tectónicos más activos, pues se formaron potentes espesores de rocas vulcanógenas con intercalaciones de rocas silíceas y carbonatadas.

Al final del Cenomaniano, como resultado del plegamiento se observa una tendencia al levantamiento general del territorio.

Durante el Senoniano-Eoceno Inferior una regresión pequeña del mar que tuvo lugar en vísperas de esta etapa se sustituye al principio del Senoniano por una transgresión. En esta época se acentúa el hundimiento del territorio entre los límites de la cuenca.

(Cuenca los Palacios y Viñales), y también en la serie de depresiones mas pequeñas en la región de la zona plegada contemporánea de Bahía Honda. El mar llenó estas cuencas y prevaleció como tal con pequeñas interrupciones hasta el final del Eoceno Inferior.

En la época Eoceno-Oligoceno, el regimen marino se conserva en esta zona Nordeste y Sur del territorio, sin embargo, el caracter de los sedimentos ha cambiado significativamente. Ocorre la máxima sedimentación de los limos carbonatados y arcillosos, con una mezcla de material arenoso y de gravas que contienen una gran cantidad de foraminíferos planctónicos y bentónicos. Esto indica la difusión de la facie de aguas profundas y someras de un mar abierto con formaciones de calizas y margas e intercalaciones de areniscas y gravelitas.

El plegamiento principal de Cuba que ocupó una gran parte de la provincia de Pinar del Río originó el levantamiento del Anticlinorium y formó el Sinclinorium Viñales. En los límites de estas estructuras las rocas del Cretácico y del Eoceno Medio están intensamente dislocadas. Grandes movimientos tectónicos tuvieron lugar en la zona de plegamientos de Bahía Honda, donde se formaron estructuras anticlinales y sinclinales mas pequeñas.

Como resultado de los procesos tectónicos a finales del Eoceno Medio se destaca un nuevo descenso de La Cuenca los Palacios a lo largo de la Falla Pinar, mientras que la zona Norte experimenta movimientos ascendentes.

En el período Mioceno-Cuaternario, el mar miocénico resultó una continuación del mar del Oligoceno

en algunas zonas del Nordeste de Pinar del Río. La transgresión del mar miocénico ocupó La Cuenca de los Palacios. En el transcurso del Mioceno esta cuenca su frió un hundimiento acumulándose en ella sedimentos a reno-arcillosos carbonatados, gravas y qantos rodados de facie de poca profundidad. Al final del Mioceno se observa un descenso general del mar con gran desarrollo de las calizas arrecifales. En el límite del Mio ceno-Plioceno se hacen mas fuertes los movimientos as cedentes con el levantamiento de una gran parte del territorio. En algunos escarpes se formaron calizas arrecifales de edad Cuaternario. El aumento de los mo vimientos ascendentes del tipo de bloque a lo largo de las fallas empezó a finales del Mioceno, continua ron hasta el presente con la constitución de las for mas neotectónicas.

CAPITULO III
PARTE ESPECIAL

3.1.- Análisis de la condiciones Ingeniero Geológicas del área investigada.

El estudio Ingeniero Geológico del área de emplazamiento de la obra , en nuestro caso la construcción portuaria de Bahía Honda, puede decirse que es la base fundamental para el proyecto, construcción y control de la explotación de la obra ingenieril, esto claro está origina un proceso de construcción y una explotación mas económica y mas estable.

Para cumplimentar el estudio Ingeniero Geológico del área se realizaron 23 calas (anexo gráfico # 6) con una máquina de perforación a columnas UGB-50M, el volumen de perforación fue de 251 metros lineales, de estas calas se tomaron diferentes muestras para realizarles ensayos de laboratorio y propiedades fisico-mecanicas, pero solamente se le puó obtener parámetros físicos a dichas muestras.

Quisieramos antes de continuar hacer un parentesis sobre que se entiende por condiciones Ingeniero Geológicas "por condiciones Ingeniero Geológicas se entienden las condiciones existentes, y los cambios de los cuales dependen del lugar de ubicación de la obra, de su construcción, métodos de producción y la elección de las medidas para la lucha contra los fenómenos desfavorables a la obra. Por consiguiente, por condiciones Ingeniero Geológicas pueden ser relacionadas cualquier fenómeno geológico, si ellos inciden directamente sobre la construcción".

3.1.1.- Condiciones Geomorfológicas.

Como puede observarse en el esquema de isopacas (anexo gráfico # 7) la zona de trabajo es completamente llana (ver fotos # 3-4) de ahí que no esten desa-

rrolladas la superficie de erosión de las aguas, no a pareciendo ríos que desembocuen en el área de trabajo, es decir, el aspecto exterior de la zona de estudio no experimenta cambios notables que puedan servir pa ra un estudio geomorfológico del área de trabajo.

3.1.2.- Condiciones Geológicas-Litológicas.

Para realizar este análisis primeramente diremos que el área de trabajo ha sido dividida en tres zonas A, B, C, correspondiendo cada una de ellas a la zona de atraque, zona de almacenes y zona de edificios ad ministrativos respectivamente.

Zona A:- De acuerdo con el perfil que pasa por las ca las 16, 1, 17, 2, 3, 23 y 22 (que llamaremos para ma- yor comodidad en lo sucesivo AA*), ubicados en la zo na A (anexo gráfico # 8), vemos que la litología esta compuesta por una parte superior en la que se ve una capa de material de relleno distribuido no uniforme- mente pues los espesores varían significativamente en pequeños intervalos de espacio. Debajo de esta capa de relleno se observan las calizas que corresponden a es te macizo rocoso, dichas calizas se presentan altera- das, muy fracturadas, con restos de caracoles, agrie tadas y con diversas cavernas carsicas en ocasiones de dimensiones considerables como la que se ve en la cala 22 reflejada en dicho perfil, que de acuerdo con la li breta de campo al efecto en este intervalo no hubo re- cuperación de testigo y sí una caída brusca del instru mento de perforación. Debajo de las calizas aparecen las arcillas las que presentan una consistencia duro- plástica con intercalaciones de gravas, margas donde se observan numerosos caracoles, ambos espesores deba jo del subsuelo se encuentran completamente horizontal⁵.

Cabe señalar que las aguas subterráneas se encuentran presentes en todas las calas de este perfil, variando su aparición desde unos centímetros en la cala 3 hasta 2 metros en la cala 2 a partir del nivel de la superficie del terreno.

Esta zona se presenta bastante compleja por el proceso carsico observado en ella, siendo la misma la mas expuesta tanto a la carga estática como a la dinámica, pues es precisamente esta zona donde se efectúan la carga y descarga de las mercancías propias de los puertos.

Zona B:- El perfil correspondiente a esta zona abarca las calas 4, 15 y 18 (que llamaremos BB^o) (ver anexo gráfico # 9). La litología de esta zona es semejante a la anterior, o sea presenta relleno, caliza y arcilla con las mismas características anteriores, además pueden observarse que las calizas se acuñan en dirección a la cala 4 (ver anexo gráfico # 9), de acuerdo con esto podemos decir que los almacenes proyectados para esta zona tendrán como base distinta litología con propiedades fisico-mecánicas variables, pudiendo traer esto como consecuencia asentamientos diferenciales que removerían las bases de las edificaciones construidas sobre ellas. También puede observarse que las aguas subterráneas se encuentran presentes en esta zona.

Zona C:- En la zona C se han analizado dos perfiles, uno con dirección sublatitudinal (calas 11, 14, 10) y otro con dirección latitudinal (calas 8,9,10) ambos se ran denominados perfiles CC^o al hacer referencias a los mismos (ver anexo gráfico # 10). En esta zona ve mos que la litología es semejante a la anterior, aun

que en ella no se detectó el proceso carsico, pero si un lente de arena dentro de las arcillas, se puede no tar también que a medida que nos alejamos de la costa las calizas se van acunando predominando los terrenos arcillosos los cuales van adquiriendo un espesor considerable.

Junto con los perfiles mencionados anteriormente y los recorridos realizados por la zona es que se ha confeccionado el Esquema Geológico del área de traba jo (anexo # 11).

3.1.3.- Propiedades físicas de las rocas.

Los datos que se han podido obtener son el resul tado de los trabajos realizados en su mayor parte en el lado Sur de la dársena (ver foto #1), aunque algu nas calas se efectuaron en la parte Norte y en el área donde se construirán los edificios afines con es te tipo de obra. Sin embargo, las características fi sico geográficas, climáticas, geologo tectónicas, por ser esta un área tan pequeña, son prácticamente las mismas. Atendiendo a ello creemos posible establecer una analogía para todo el conjunto por lo tanto asu mir las mismas propiedades para toda el área, y sobre esta base es que se hace el análisis de las propieda des físicas.

De acuerdo con los recorridos hechos en la zona de trabajo, las libretas de campo y los perfiles seña lados anteriormente podremos decir que las rocas pre sentes en el área en las cuales se ubican las distin tas obras son calizas y arcillas exclusivamente. Las calizas por los general son un buen soporte para las edificaciones, pero en nuestro caso estas mismas cali

zas se presentan bastante alteradas, muy agrietadas, con diversas cavernas que dificultan el proceso de investigación para este tipo de obra. En ellas se encuentran muy difundidas las aguas subterráneas, y estas pueden estar actuando sobre las rocas presentes ocasionando las grietas y cavidades señaladas. Como puede observarse en los cortes litológicos que aparecen al final de este trabajo (anexo gráfico # 11) en los cuales se describen cada una de las calas efectuadas, las rocas no se presentan de una forma homogénea ya que presentan distintas propiedades a medida que se profundiza en el macizo, presentando intercalaciones, restos marinos y diversas intercalaciones.

Además de estas observaciones visuales se realizaron 455 ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas de los suelos presentes, obteniéndose los siguientes resultados: la densidad húmeda varía desde un valor de 1.75 g/cm^3 hasta 2.62 g/cm^3 , predominando los valores entre $1.8-1.9 \text{ g/cm}^3$, siendo el valor medio promedio de 1.93 g/cm^3 y el valor medio mínimo 1.65 g/cm^3 . Esta propiedad además de darnos la característica del suelo inherente a ella sirve como parámetro para la obtención de otras propiedades. La densidad seca varía desde $1.2-1.8 \text{ g/cm}^3$ encontrándose concentrado el mayor número de observaciones entre 1.40 y 1.50 g/cm^3 siendo el valor medio 1.44 g/cm^3 y el valor medio mínimo 1.24 g/cm^3 . La humedad natural toma los valores desde $9.8-52.9\%$ estando concentrado el mayor número de observaciones entre el $30-35\%$, siendo el valor medio promedio 30.34% y el valor medio mínimo 22.55% . El límite líquido toma valores que van desde el $20-73\%$, pero la mayor parte de las observaciones

están comprendida entre el 45-50% siendo el valor me
dio 50.66% y el valor medio mínimo 42.20%. El límite
de plasticidad toma valores que van desde la decena
hasta 49%, estando agrupado el mayor número de las ob
servaciones entre el 20-30%, siendo el valor medio
26.95% y el valor medio mínimo 19%. Su importancia es
ta dada por el hecho de representar la frontera entre
el estado semiplástico y semisólido. El índice plástico
varía desde 6% hasta alcanzar 56% estando agrupado
el máximo número de las observaciones entre el 20-30%,
siendo el valor medio de 25.27% y el valor medio mínimo
18%. Como el índice plástico es mayor de 17, esto
indica que la muestra está comprendida en el rango de
las arcillas y que las descripciones se ajustaron a la
realidad. La consistencia toma valores positivos y neg
ativos, siendo el valor medio en el caso de los valores
positivos de 0.31, siendo el valor medio mínimo
de 0.15; en el caso de los valores negativos el valor
medio es de -0.31 y el valor medio mínimo de -0.23. La
relación de vacío toma valores desde 0.336 hasta 1.381
siendo el valor promedio 0.892 y el valor medio mínimo
0.783.

3.1.4.- Fenómenos y Procesos Físico-Geológicos desarrollados en la zona.

La zona de estudio se encuentra ubicada a la en
trada de la Bahía, la cual es considerada como bahía
de bolsa (ver fig. I-1), esta se comunica con el mar por
un estrecho bastante profundo. A lo largo de la costa
se extiende una estrecha barra de arena que separa
del mar las zonas bajas y pantanosas de la tierra firme,
y varias lagunas que se encuentran en el área. La

zona es completamente llana pues las alturas mayores no sobrepasan los 2 metros sobre el nivel del mar (fotos # 3-4), esta zona casi en su totalidad se encuentra rellena tanto de materiales de relleno propiamente dicho como minerales beneficiados que fueron depositados en este lugar para luego ser embarcado por medio de patanas.

En la parte Norte de la dársena, a unos 200 metros de la misma pueden observarse varios afloramientos de las calizas los que se presentan en forma masiva, con una coloración rojiza clara, muy agrietadas, con oquedades, bastante duras (ver foto # 9), en sentido general el área esta afectada por fenómenos carsicos, pudiéndose observar en la superficie las formas cársticas conocidas como diente de perro, en la que pueden verse grietas, casimbas, cavernas, todo lo cual ha sido causado por el oleaje (abrasión marina), mareas, corrientes de aguas que ocasionan la disolución de las rocas modificando su estado natural así como sus propiedades en general (ver fotos # 5-6-7).

La abrasión marina esta dada por la acción erosiva de las olas y las corrientes que desnudan la costa ocasionando grietas, cavernas, etc., y en ocasiones derrumbes de algunos sectores costeros donde la acción es mas intensa, según se aprecia en las fotos 5-6.

3.1.5.- Trabajos Experimentales de Campo.

Estos trabajos estuvieron a cargo del Dpto. de Investigaciones Portuarias de la Empresa Marina Mercante y Puertos. Ellos se refieren unicamente a las calas mencionadas anteriormente. Las calas se realizaron con la máquina UGB-50M, sin sistema de lubricación y enfriamiento.

Estas calas se realizaron durante los meses de mayo - julio de 1975, las que fueron distribuidos de la siguiente forma:

ZONA A		ZONA B		ZONA C	
Cala No.	Profundidad	Cala No.	Profundidad	Cala No.	Prof.
1	23.2 m	4	14.9 m	7	10.4 m
2	9.3	5	7.8	8	10.4
3	4.5	6	6.4	9	10.4
16	10.6	15	4.2	10	10.4
17	10.4	19	10.9	11	10.4
18	10.6	20	10.3	12	14.9
22	21.4	21	5.0	13	10.4
23	14.0			14	10.4

En general, a las muestras tomadas en las distintas calas solamente se le hicieron algunos ensayos para determinación de propiedades físicas.

Estos trabajos de campo adolecieron de una orientación precisa del fin que se perseguía con los mismos, esto unido a la falta del sistema de lavado y enfriamiento del instrumento de perforación motivó que en los terrenos rocosos que presentaban cierta resistencia no se pudiera seguir profundizando para aclarar correctamente la litología y las oquedades que pueden existir debajo del subsuelo. Esto dio lugar a que no se tomaran muestra suficientes en cada cala para la determinación de las propiedades mecánicas.

Como quiera que la libreta de campo de estos trabajos fueron puestas a nuestra disposición para el estudio de las rocas cortadas por la perforación, entendemos que las mismas no estan expresadas de la forma mas clara que nos reflejen una serie de características y que son necesarias tenerlas en cuenta a la hora de la

descripción e documentación para luego tener una idea más precisa del corte litológico. Los testigos que quedaron en las cajas de muestras a pesar de haber transcurrido un tiempo relativamente corto ya no están a disposición de poderlos observar, esto es que solamente nos queda lo escrito en la libreta de campo.

Las propiedades físicas obtenidas así como el número de ensayos realizados son los siguientes:

<u>Propiedades Físicas</u>	<u>No. de Ensayos</u>
Humedad natural	63
Límite líquido	56
Límite plástico	56
Índice plástico	56
Consistencia	73
Peso específico	36
Densidad húmeda	43
Densidad seca	40
Relación de vacío	33

los correspondientes valores de éstas propiedades físicas aparecen en las tablas 3,4,5,6,7 y 8 al final final del trabajo.

Es necesario señalar en éste trabajo, que el mismo en la forma en que fue concebido originalmente no se pudo realizar.

Desde que nos entregaron toda la documentación, así como los gráficos correspondientes a las calas realizadas anteriormente los recorridos hechos por la zona, conociendo que los compañeros que hicieron los trabajos de campo fueron preocupados y responsables en la realización de los mismos, pero con poca experiencia, se llegó al acuerdo con la dirección del organismo solicitante del estudio que era necesario perforar 20 nuevas calas. Con los testigos que obtuvieran de éstas calas se procediera a efectuarle ensayos físico-mecánicos, análisis mineralógicos, petrográficos, datos éstos que nos servirían para una verificación de los trabajos anteriormente realizadose investigar según las normas -

Conclusiones.

1. El área de trabajo en sentido general esta afectada por accidentes carsicos manifestados en forma de oquedades, diente de perro, grietas, etc; estos accidentes carsicos en ocasiones presentan una magnitud considerable (ver calas # 20-22).
2. En las condiciones de nuestro trabajo para subdividir el macizo rocoso en distintos elementos ingeniero geológico, es necesario conocer el contenido de arcilla en las rocas, su caracter arenoso, su textura, su cristalización, resistencia a la compresión y resistencia al deslizamiento.
3. Las excavaciones realizadas y los ensayos de laboratorio practicados en las distintas muestras no son suficientes para un estudio complejo como en realidad se requiere para una zona que presenta fenómenos carsicos.
4. En la zona de trabajo estan muy difundidas las aguas subterráneas, siendo este uno de los principales factores que influyen en el curso.
5. El curso no se ha podido estudiar en todas direcciones ni en profundidad como requiere este macizo rocoso.

Recomendaciones.

1. Es necesario realizar nuevas calas con el fin de realizar ensayos de laboratorio referente tanto a las propiedades físicas como a las mecánicas de las rocas presentes en el subsuelo.
2. Es necesario la construcción de un muro de protección en el lado Sur de la dársena junto a la entrada de la misma para evitar los efectos de la abrasión marina.

3. Es necesario realizar un estudio de las propiedades químicas de las aguas subterfaneas para determinar su agresividad así como el grado de salinidad de las mismas.
4. Es necesario hacer un estudio geofísico en el área para determinar con mayor precisión el proceso car
sico.
5. Es necesario el empleo de los métodos experimenta
les de campo (ensayo in situ) con el fin de utili
zar estos datos en investigaciones futuras.
6. Es necesario la selección de muestras idóneas para realizarle estudios petrográficos y mineralógicos que nos permitan conocer su composición y génesis así como su correcta denominación.

metodológicas la obra y poder hacer la valoración de la estabilidad correspondiente.

Estos trabajos de investigación quedaron señalados para ser cumplimentados en el mes de febrero. El caso es que por problemas - entre el organismo solicitante del estudio Marina Mercante y Puertos (M.M.P) y la Empresa encargada de la ejecución de los trabajos proyectados (DIGIAC), éstos se pospusieron varias veces y por fin - no se hicieron. Sin embargo la construcción de la obra, que ya había comenzado anteriormente continuó con su curso a pesar de no haberse efectuado el estudio correspondiente y en la actualidad casi está terminada, lo cual puede observarse en las fotos (2 y 10).

Como se ve, hemos tenido que tropezar con grandes dificultades para la realización de éstos trabajos, no obstante dentro de la limitante señalada consideramos expresar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

B I B L I O G R A F I A

- 1 A. Ciencias. Resumen Geologico y Geomorfologico de la Costa Norte de Pinar del Rio Revista Oceanologica # 11
- 2 Balute. R Proyecto de Extracción de la mina Buena Vista Pinar del Rio 1960 Fondo Geologico.
- 3 Bermudez P. La Formación Geologica de Cuba, Ministerio de Industria, Geologia Cubana # 1 I.C.R.M
- 4 Bromnina .J Reporte Paleontologico Bahia Honda Cabañas 1959 Fondo Geologico.
- 5 Drazoila A Estudio Minerografico y determinación Mineralogica, Minas el Cobre Bahía Honda Fondo Geologico.
- 6 Empresa Con sinataria Mambisa Cuban Port Information
- 7 Furrázola G Geologia del Nordeste de Pinar del Rio 1969 Fondo Geologico.
- 8 Furrázola, J Geologia de Cuba
- 9 Garcia, O Informe de Sistematización Geofísica, Nordeste de Pinar del Rio 1968
- 10 Hatten C, W Reconocimiento Geologico de Bahía Honda San Cristobal Sierra del Rosario (1956) Fondo Geologico
- 11 Herrera N Contribución a la Estratigrafía de Pinar del Rio , Revista Soc. Cubana de Ingenieros # 1 y 2
- 12 Iribaren R Obras Maritimas , Oleaje y Diques 1960 Bilioteca Elvira /Cape
- 13 Iturralde M Manual del Ingeniero Hidrotecnico
- 14 Juarez, B Mecanica de Suelo
- 15 Kaspar. J Proyecto de Estracción de la Mina Buena Vista Provincia de Pinar del Rio
- 16 Universidad H Estudios Geologicos-Mineros y Perspective. Provincia de Pinar del Rio
- 17 Wilians R Estudio de Laterita y Nikel en Bahía Honda Pinar del Rio 1957 Fondo Geologico

A N E X O S

- I.- Mapa de ubicación.
- 2.- Rosa de los vientos mensual, período 1966-1972, meses de Enero a Junio.
- 3.- Rosa de los vientos mensual, período 1966-1972, meses de Julio a Diciembre.
- 4.- Rosa de los vientos anual 1966-1972.
- 5.- Mapas Geomorfológicos.
- 6.- Corte Litológico de las distintas calas.
- 7.- Esquema de isopaeas.
- 8.-Perfil de la zona A
- 9.- Perfil de la zona B
- 10.-Perfil de la zona C
- II.-Esquema Geológico. B. Honda

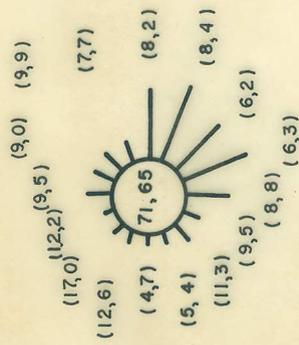
T A B L A S

Í.	.....	Contenido
1	.....	Datos climatológicos
2	.....	" "
3	.....	Datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.
4	.....	" "
5	.....	" "
6	.....	" "
7	.....	" "
8	.....	" "

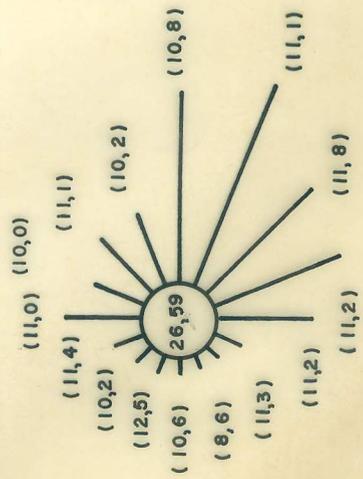
BAHIA HONDA

Rosa de los vientos anual periodo (1966-1972)

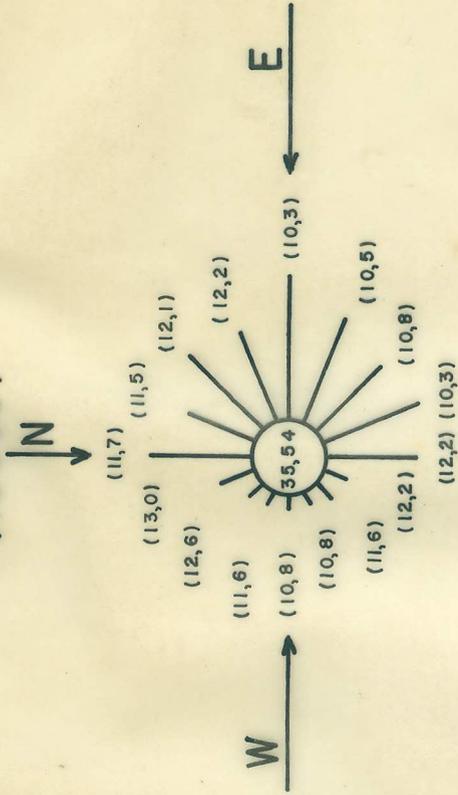
7 AM
(2187)



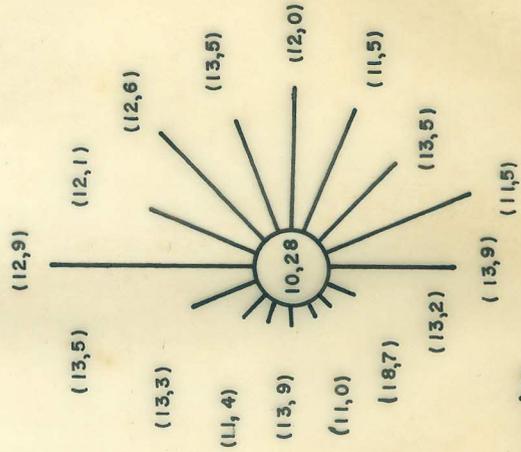
10 AM
(2106)



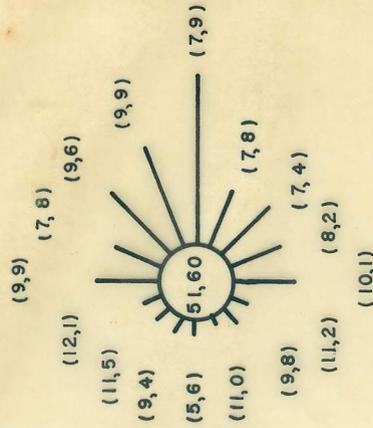
ANUAL
(10658)



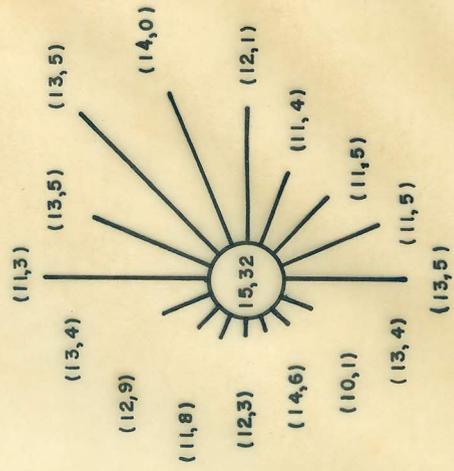
1 PM
(2101)

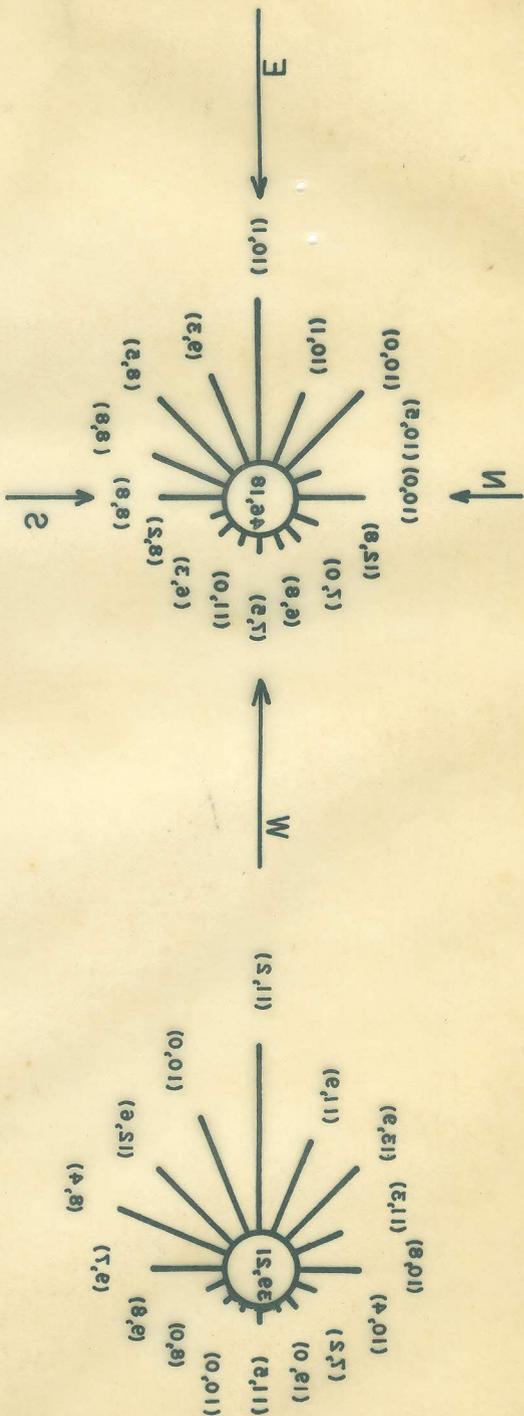


7 PM
(2182)



4 PM
(2082)

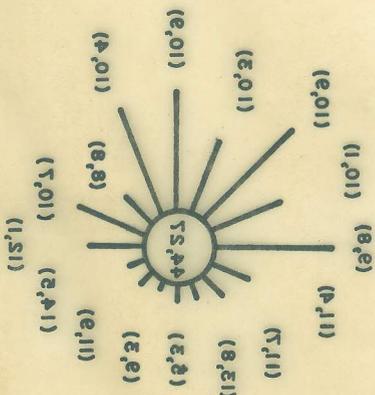
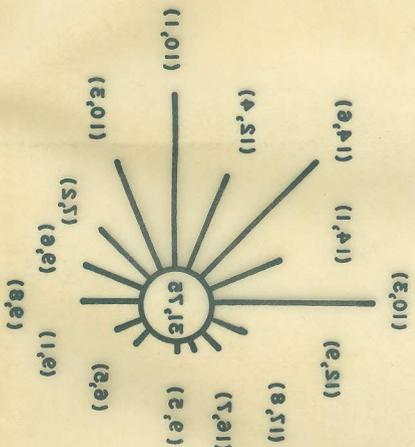
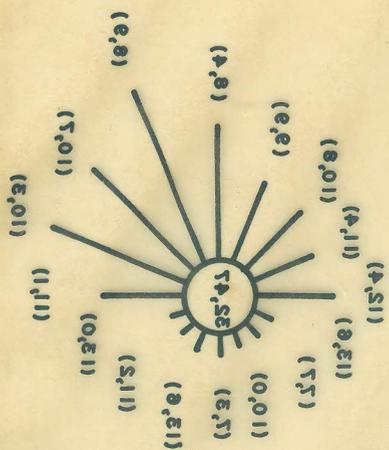




ДИСИМБРЕ (820)

НОВИЕМБРЕ (800)

ОСТУБРЕ (850)



INSTITUTO DE METEOROLOGIA
DEPARTAMENTO DE CLIMATOLOGIA

DAIOS MENSUAL Y ANUAL DE LA PRESION ATMOSFERICA A NIVEL DEL MAR REGISTRADOS EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE CASA BLANCA, LA HABANA.

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Valor medio anual
763.0	762.6	762.2	761.9	760.9	760.8	762.2	761.3	760.1	759.8	761.9	763.0	761.6

Valores medios mensual y anual de la presion atmosferica a nivel del mar. Período: 1964-1973. Valor en milímetros de H_g



INSTITUTO DE METEOROLOGIA
DEPARTAMENTO DE CLIMATOLOGIA

DATOS CLIMATOLOGICOS REGISTRADOS EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE BAHIA HONDA (PINAR DEL RIO)

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Valor medio anual
Valores medios mensual y anual de las temperaturas máximas diarias. Período: 1966-1973. Valor en grados Centígrado												
26.8	26.4	28.2	30.2	30.6	31.2	32.0	32.4	31.4	30.1	27.9	27.0	29.5
Valores medios mensual y anual de las temperaturas mínimas diarias. Período: 1966-1973. Valor en grados Centígrado.												
16.2	15.5	17.5	19.2	20.5	22.4	22.7	22.4	22.0	21.0	18.1	16.2	19.5
Valores medios mensual y anual de la temperatura. Período: 1966-1973. Valor en grados Centígrado.												
21.5	21.0	22.9	24.7	25.6	26.9	27.4	27.4	26.8	25.6	23.1	21.5	24.5
Temperaturas máximas absolutas registradas en cada mes durante el período: 1966-1973. Valor en grados Centígrado.												
32.0	33.5	33.5	35.5	35.2	35.0	35.0	35.6	34.2	33.2	33.1	31.7	
Temperaturas mínimas absolutas registradas en cada mes durante el período: 1966-1973. Valor en grados Centígrado.												
7.6	7.1	10.0	8.4	10.5	19.1	19.4	19.7	19.0	15.2	12.7	8.0	
Valores medios mensual y anual de la humedad relativa. Período: 1966-1973. Valor en tanto por ciento												
80	75	77	75	78	82	81	82	84	85	81	80	80
Valores medios mensual y anual de la humedad relativa registrada a las 7 am. Período: 1966-1973. Valor en tanto por ciento.												
91	88	89	88	89	91	92	93	94	94	91	90	91
Valores medios mensual y anual de la humedad relativa registrada a la 1 pm. Período: 1966-1973. Valor en tanto por ciento.												
63	59	63	59	64	70	66	65	68	72	66	64	65
Valores medios mensual y anual de la precipitación. Período: 1966-1973. Valor en milímetros.												
91.3	52.2	49.0	46.0	139.8	334.3	173.4	192.4	145.7	185.4	109.1	68.8	1587.4
Valores medios mensual y anual de número de días con lluvia. Período: 1966-1973.												
5	6	5	4	9	13	13	14	12	12	7	5	106
Máxima lluvia registrada en 24 horas. Período: 1966-1973. Valor en milímetros.												
102.0	52.2	43.5	63.8	86.0	303.0	77.5	67.0	93.8	96.1	112.2	160.6	

