



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”**

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Geólogo

Título:

**Recuperación de Playa La Jaula. Prospección de
posibles zonas de préstamo de arenas.**

Diplomante: Homero Menéndez Pérez

Tutor (es):

**Roberto Díaz Martínez.
Rolando Gonzáles Santana.
Osmín De La Paz Conde.**

Julio de 2005

RESUMEN

La presente investigación titulada “Recuperación de Playa La Jaula: Prospección de zonas de préstamo de arenas”, tuvo como objetivo principal recuperar dicha playa con vista a resolver los problemas de erosión progresiva que a esta la afectaba, para luego dar valor de uso con fines turísticos. Las zonas estudiadas se encuentran ubicadas geográficamente en la porción centro occidental de Cayo Coco, perteneciente al Subarchipiélago Sabana-Camagüey, en la actual provincia de Ciego de Ávila. Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se trazaron una serie de tareas para evaluar el estado actual del medio, caracterizar la playa y proponer alternativas para su recuperación. Además se efectuaron las labores de búsqueda, prospección y evaluación de posibles áreas de préstamos de arena que fueran compatibles con la de la playa. Se determinó que el déficit de arena de la playa era de $61544,51 \text{ m}^3$, de granulometría de media a fina y de color blanco a gris claro. La solución más efectiva al problema de la recuperación de la playa es la de Rigidización de la costa y la alimentación artificial de la playa, además los sedimentos de la playa y la zona de préstamos eran compatible, los yacimientos localizados (Boca Callo Toro y Canalizo Ginebra) tenían una reserva de $66424,93 \text{ m}^3$ y $33734,04 \text{ m}^3$ respectivamente las cuales eran suficiente para recuperar la playa. Para finalizar se hizo una evaluación de los posibles impactos ambientales y se propuso un plan de medidas para tratar de mitigar los mismos.

INTRODUCCIÓN

Cuba es un país que desde hace varias década ha incrementado progresivamente sus inversiones en la esfera del turismo y Cayo Coco representa un importante polo turístico de la Provincia de Ciego de Ávila. Esta investigación tiene como objeto de estudio Playa La Jaula, la cual pertenece al mencionado Cayo.

Objetivo del trabajo: La recuperación de Playa La Jaula.

Objetivos secundarios:

- Caracterizar la Playa
- Proponer soluciones para su recuperación.
- Valorar el estado del Medio Ambiente.

Problema: Degeneración progresiva de Playa la Jaula.

Objeto del trabajo: Playa la Jaula y los yacimientos de arena próximos a las desembocaduras de los canales Canalizo de Ginebra y Boca Cayo Toro.

Hipótesis: Si se hace un estudio minucioso del estado de la playa se podrá proponer una alternativa para la recuperación de la misma, así como proyectar posibles áreas de préstamo con arenas compatible con las suyas.

Marco teórico conceptual.

La recuperación de las Playas en el mundo, comienza de modo intensivo a partir de la década del 80, siendo España uno de los países que mayor auge da a esta actuación en la costa, dado que como consecuencia del desarrollo excesivo de los espacios litorales, se perdieron alrededor del 70% de sus playas y el 45 % de todos sus valores costeros.

En Cuba, a partir de 1990 se inicia la gestión encaminada a la recuperación de tramos de costas degradados por malas actuaciones, en la zona colindante a las playas, siendo el principal problema las construcciones sobre el espacio

litoral que comprende las Dunas, montículos escarpados con predominio de Beach Rock (rocas de playa), etc. Estos trabajos dado a su alto costo económico, comienzan a realizarse en zonas degradadas con alto valor agregado (fundamentalmente el turismo), comenzando por Playa Varadero en la Península de Hicacos, donde se realizó una recuperación, mediante el vertimiento de más de un millón de m^3 de arena extraída de un préstamo cercano a la costa Norte de Ciudad Habana, a una profundidad de entre 12 y 15 m, todo ello por un valor superior a cuatro millones de pesos.

En la cayería Norte de Cuba, no explotada hasta la década del 90, comienzan los trabajos de protección y recuperación de tramos litorales degradados, en aquellas zonas que por causa tanto naturales como antrópicas, perdieron en los últimos años hasta 15 m de la franja ocupada por las playas emergidas, trayendo consigo la pérdida de los valores de uso y paisaje y la degradación de los sistemas de Dunas, entre otras causas.

Inicialmente se estableció determinar aquellas zonas sumergidas que podían servir como prestamos de arena de origen marino, cuya granulometría fuese compatible con las zonas a recuperar, encontrándose así que la mayor dificultad está precisamente en el tamaño medio de los granos y su estabilidad en el perfil de equilibrio que establecen las playas condicionados por los factores físicos que definen el clima marítimo y las condiciones naturales del entorno geográfico, donde se ubican las playas.

Es así que en 1994 se define realizar la primera acción correctiva, la que se estableció, mediante la rigidización de la línea de costa, con la construcción de un espigón de 64 m en el extremo Oeste de la Unidad Uva Caleta en cayo Coco, comenzando de este modo una labor que en la actualidad ocupa el interés de los investigadores y de los Organismos encargados de la explotación de este recurso.

Aunque la práctica más común en Cuba y el Mundo, está definida a recuperar tramos litorales degradados, sin la intervención de elementos antrópicos, no siempre es posible corregir y eliminar las perdidas de los sedimentos que componen las playas, con el vertimiento artificial de arenas que suplan el déficit actual, por lo que estas acciones generalmente se combinan, considerando los siguientes elementos fundamentales:

- Los movimientos de los sedimentos costeros en Cuba tienen dirección Oeste, con pérdidas anuales que superan los cientos de miles de m³ al año.
- Conociendo que en Cuba la génesis fundamental de los sedimentos es de origen biogénico, se ha demostrado el agotamiento de las fuentes de aporte.
- Las malas prácticas de acción en la costa no respetando los ciclos de erosión y acreción de las playas.
- No se cuenta con suficientes zonas cuyas características granulométricas de sus sedimentos, puedan considerarse como posibles préstamos.

Es por ello que las investigaciones geológicas de la plataforma marina, constituyen en la actualidad, el principal requisito y la mayor prioridad, considerando que por condiciones naturales y por el uso extensivo del recurso playa, las mismas continúan un proceso de degradación que va en detrimento de un alto valor natural con elevados valores económicos agregados.

Justificación de la investigación.

Esta investigación se realiza para dar solución a la tarea técnica emitida por la Inmobiliaria ALMEST de recuperar Playa La Jaula para ser usada con fines turísticos.

Principales resultados a obtener:

- Definir Playa La Jaula como una Unidad Fisiográfica Independiente.
- Mostrar que Playa La Jaula presenta zonas fuertemente modificadas y que sigue su degeneración progresivamente.
- Que para la recuperación de la playa es necesario la acción directa del hombre y el vertimiento de arena.
- Encontrar zonas de préstamos que sus arenas sean compatibles con la de la playa y además tengan la reserva suficiente para cubrir el déficit de la misma.

CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.

UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIOS

El área de estudio denominada en lo adelante Playa La Jaula, así como los yacimientos submarinos próximos a Boca Cayo Toro y al Canalizo Ginebra, se encuentra ubicada geográficamente en la porción centro-occidental de la zona costera septentrional de Cayo Coco, territorio perteneciente al Archipiélago Sabana-Camagüey (Jardines del Rey), región nororiental de la plataforma insular cubana, perteneciente a la provincia de Ciego de Ávila. **Fig (1).**

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y ECONÓMICAS DE PLAYA LA JAULA

Playa La Jaula es una playa abierta de una longitud aproximada de 3000 m; se ubica en la porción Norte-occidental de Cayo Coco, la dirección de la línea de costa es NE-SW, y posee un régimen hidrodinámico de moderado a débil. Es una playa de arena de pendiente suave, con génesis biogénica y protegida del oleaje de tormenta por una barrera coralina a una distancia aproximada de la costa de 1500 m. En la tabla 1 se muestran las coordenadas planas del área abarcada por la playa La Jaula.

Tabla 1. Coordenadas de Playa La Jaula.

Vértices	X	Y
Oriental	761017.84	301976.79
Occidental	761750.56	302180.48

Las principales características del litoral es la conformación de una flecha de arena precedida por una laguna litoral o albufera, con rasgos de inestabilidad y fuertes signos de erosión, principalmente en su sector Oeste.

Económicamente esta porción del cayo durante varias décadas sirvió de zona de cabotaje para el traslado de carbón y ganado hacia otros puntos de la isla y en la actualidad se halla bajo la influencia de un fuerte proceso inversionista

con fines de ocio. Su uso no solo comprende el de una zona de baños de mar, sino que además ha servido de zona de atraque y protección para embarcaciones de pequeño y mediano porte.

Actualmente el sector tiene un destino turístico lo que representa una fuente natural de ingreso al país y un sector prioritario para las inversiones.

UBICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS

Los yacimientos de arenas denominados occidental y oriental, se ubican en el fondo marino de la región oriental de la plataforma insular cubana, en el extremo norte-occidental de Cayo Coco (Fig. 1), específicamente en las inmediaciones de las desembocaduras de los canales de Boca Cayo Toro y Canalizo Ginebra (ICGC, 1990).

Cartográficamente ambas áreas se encuentran en la Hoja Cayo Guillermo 4483-I-a, escala 1:25 000, y en la Hoja 4483-I-d a escala 1:25000 (ICGC, 1990), las mismas se enmarcan dentro del Sistema Cuba Norte en las coordenadas cartesianas. En la tabla 2 se representan las coordenadas planas de ambos yacimientos de arenas.

Tabla 2. Coordenadas planas de las posibles áreas de préstamo.

Vértice	Coordenadas		Área (m ²)
	X	Y	
Boya-1	746966.54	304198.60	Occidental (28259.19) (≈ 2.83 Ha)
Boya-2	747110.99	304130.45	
Boya-3	746992.67	303991.11	
Boya-4	746846.47	304067.95	
Boya-5	751901.68	301544.04	Oriental (21026.04) (≈ 2.10 Ha)
Boya-6	751827.01	301692.44	
Boya-7	751883.72	301785.51	
Boya-8	752001.08	301693.52	

MACROLOCALIZACION DE PLAYA LA JAULA Y LOS YACIMIENTOS

UBICACION DE LOS YACIMIENTOS



PLAYA LA JAULA

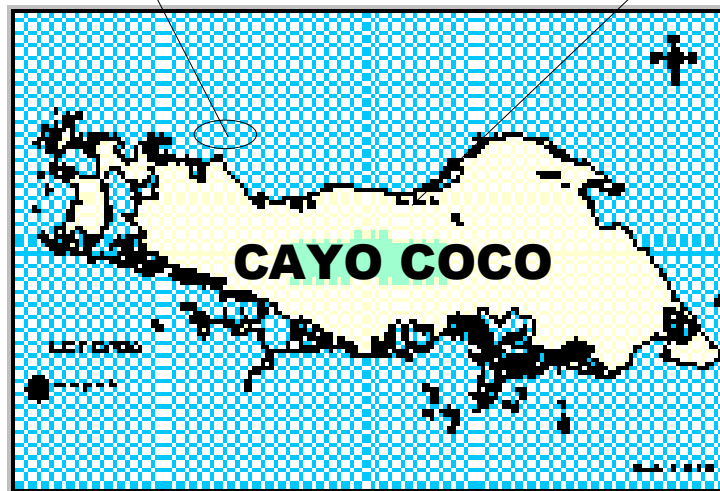


Figura 1. Ubicación geográfica del sector de estudio.

CLIMA

El clima de la región se clasifica según Köppen, como clima tropical húmedo, con dos periodos bien definidos por la precipitación, uno que comprende los meses de noviembre a abril, conocido como periodo seco o poco lluvioso y otro que encierra los meses desde mayo y hasta octubre, denominado período lluvioso.

TEMPERATURAS

Generalmente, influyen sobre la zona de estudio temperaturas cálidas durante todo el año, con una media anual de 26.0 °C, y mínimas medias de 23.2 °C; aunque se han alcanzado valores mínimos absolutos de hasta 11.2 °C, el 28 de febrero de 1988 y máximas promedio anual de 29.0 °C. El récord absoluto de temperatura máxima registrado fue de 35.4 °C el 20 de mayo de 1995. El mes más frío es febrero, con una temperatura media de 23.4 °C, y el más caluroso es julio, con temperatura promedios de 28.4 °C.

VEGETACIÓN

Terrestre

Las formaciones vegetales presentes en playa La Jaula de forma general está representada por un bosque siempreverde micrófilo matorrales sobre costa arenosa y el xeromorfo espinoso costero, donde se encuentra el mayor número de especies endémicas y raras.

Submarina.

La vegetación submarina está representada fundamentalmente por algas, su diversidad y riqueza de especies en la zona está condicionada por la turbidez, salinidad, intercambio de agua, y el régimen de las corrientes marinas.

FAUNA

La fauna del área esta representada por diversas especies de moluscos, anfibios, reptiles, mamíferos y aves características de los cayos del sub Archipiélago Sabana - Camagüey, además de algunas especies endémicas y otras introducidas por el hombre.

VÍAS DE COMUNICACIÓN

Las principales vías de comunicación que dan acceso a la zona son: Pedraplén Turiguanó - Cayo Coco como única carretera hasta la zona, el Aeropuerto Internacional Jardines del Rey y las facilidades de atraque construidas en los cayos Coco y Guillermo para embarcaciones de pequeño y mediano porte.

GEOLOGÍA

Geología general de la provincia Ciego de Ávila.

Desde el punto de vista regional, el territorio cubano es considerado geológicamente, como un cinturón plegado y fallado, obducido y acresionado sobre el margen pasivo de Norteamérica, con el desarrollo de cuencas contemporáneas en el período comprendido entre el Cretácico (Campaniano Superior) y el Eoceno Superior, cubierto por una secuencia sedimentaria oligo-miocénica poco deformada (Jesús Blanco, 1996).

En este contexto geológico, en la provincia Ciego de Ávila, territorio en el que se enmarca el área de estudio, se reconocen unidades pertenecientes a los dos niveles estructurales principales en los que se divide el modelo geológico generalizado de Cuba (Iturralde-Vinent (1997): Substrato plegado y Neoautóctono.

El substrato plegado en dicho territorio esta constituido por distintos tipos de terrenos de naturaleza continental y oceánica. Dentro de los grupos rocosos de naturaleza continental, acogiendo el concepto de Asociación Estructuro Formacional (AEF) del Dr. Félix Quintas Caballero (1985), se encuentran las secuencias pertenecientes a la AEF del Protogolfo de México y más

específicamente a la Sub-AEF del Paleomargen de Bahamas. Estas aparecen en las zonas de Turiguanó, Punta Alegre y Loma de Cunagüa (representada por la formación Punta Alegre (PA)), a modo de rocas evaporíticas de edad Jurásico Superior, probablemente del Oxfordiano al Kimmeriano, las cuales se depositaron, según Iturralde-Vinent (1994), en una cuenca hipersalina en el lugar que hoy ocupan las Bahamas, reflejando en sus características los cambios ocurridos en Pangea.. Actualmente las mismas conforman los diapiros salinos presentes en dichas localidades.. También integrando los terrenos de naturaleza continental se hallan aunque sin aflorar, las rocas carbonatadas de edad Aptiano al Maastrichtiano de la Zona Cayo Coco y los representantes del Grupo Remedios, referentes a la AEF de la Paleoplataforma de Bahamas y más específicamente a la Sub-AEF del Graben del Shelf, las mismas se depositaron en uno de los canales que subdividía a la antigua Plataforma de Bahamas.

Entre los elementos geológicos de naturaleza oceánica que se manifiestan dentro del territorio de Ciego de Ávila se hallan las rocas correspondientes a las ofiolitas septentrionales, las cuales son de edad Triásico Tardío? al Cretácico más temprano (Iturralde-Vinent, 1990, 1996, Ando et al, 1989) y pertenecen a la AEF del Protogolfo de México. Este complejo litológico constituye fragmentos de una litosfera oceánica antigua relacionada con la corteza antigua del Caribe, generada a partir del proceso de riftogenia de Pangea. Estas rocas nacionalmente afloran como una serie de cuerpos alargados en la mitad septentrional de la Isla de Cuba específicamente hacia la parte norte occidental de la provincia), formando mantos tabulares muy desmembrados, donde las rocas están intensamente deformadas y alcanzan hasta 6 Km de espesor (Iturralde-Vinent, 1996).

Localizándose principalmente hacia la parte central y nor-occidental del territorio, se hallan las rocas correspondientes a la AEF de los Paleoarcos y más específicamente a la Sub-AEF del Arco de Isla Volcánico del Cretácico. Esta unidad es propia de un antiguo archipiélago de islas volcánicas que se desarrolló entre el Cretácico Inferior Albiano y el Cretácico Superior Campaniano. Según Iturralde-Vinent (1996) en la región las rocas referentes a

este complejo yacen en contacto tectónico con las ofiolitas septentrionales, encontrándose hacia la zona de contacto con estas, más deformadas, generalmente trituradas hasta brechas. A menudo los contactos coinciden con zonas fisuradas y foliadas, o con masas caóticas que contienen una mezcla de bloques de ofiolitas, vulcanitas y plutónitas del arco. De modo general en la provincia se reconocen elementos característicos de los complejos vulcanógeno-sedimentarios y plutónicos.

El complejo vulcanógeno-sedimentario se relaciona con las rocas efusivas, piroclásticas y sedimentarias que se forman en las islas volcánicas y en los mares que la rodean (Iturralde-Vinent, 1996). Las mismas están representadas esencialmente hacia la porción central por las secuencias vulcano-sedimentarias de la Formación Durán y el Miembro San Mateo, además de las secuencias vulcanógenas de la Formación Caobilla, con más amplia difusión que las anteriores. En esta predominan las variedades ácidas encontrándose dacitas, riódacitas y riolitas, hallándose ocasionalmente entre las dacitas traquidacitas. Las variedades medias incluyen andesitas de amplia difusión lateral y vertical, pero son poco significativas de acuerdo al volumen de la unidad, también se reportan tobas de composición andesito-dacítica y calizas de grano mediano. Hacia el borde norte-occidental del territorio este complejo se asocia a las diabasas y basaltos de la Formación Zurrapandilla y a las tobas, lavas y lavobrechas aglomeráticas de composición andesítico-basáltica de la Formación La Rana.

A partir de las características litológicas de las secuencias pertenecientes a este complejo, de modo general las mismas se pueden agrupar en el conjunto de rocas formadas en la cuenca axial del arco, donde es común la presencia de lavas, sills y cuerpos sub-volcánicos que se intercalan con tobas, tufitas y rocas sedimentarias, siendo la presencia de este conjunto aceptada y registrada en la provincia por numerosos autores y especialistas (Iturralde-Vinent, 1996).

Las rocas efusivo-sedimentarias del archipiélago volcánico están a menudo atravesadas por plutonitas de composición variada que conforman el complejo plutónico de este arco de isla y constituyen el eje magmático del mismo. Estas

rocas forman parte de un mismo complejo plutónico que se extiende a lo largo de unos 400 Km entre Cumanayagua (suroeste de Santa Clara) y Buenaventura al suroeste de Holguín. En buena parte de la literatura publicada hasta el presente estos afloramientos se describen como plutones aislados, pero lo cierto es que desde el punto de vista de su composición, su reflejo en los campos físicos (magnético, gravimétrico y aerogamma espectrométrico) y los datos de cartografía geológica y perforación, se puede asegurar que se trata de un mismo plutón. El hecho de que en la actualidad aparezcan como exposiciones aisladas, aparentemente inconectas, es debido a que su techo está distintamente erosionado y/o en parte cubierto por sedimentos más jóvenes (Iturralde-Vinent, 1996). En Ciego de Ávila las rocas del complejo plutónico afloran hacia la mitad oriental de la franja central del territorio a modo de cuerpos de granitos leucocráticos y sienitas aplíticas, según el Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 100 000 (Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba; 199?).

La acreción del cinturón plegado-fallado cubano a la placa norteamericana, desarrollada en un ambiente tectónico compresivo, en una colisión oblicua entre placas tectónicas dio lugar al surgimiento de cuencas que se desarrollaron a lo largo de los sistemas de fallas de deslizamiento por el rumbo, cuencas transportadas al dorso de los sistemas de sobrecorrimientos y un sistema de cuencas de antepaís (Jesús Blanco, 1996). En la provincia avileña de modo general se reconocen elementos correspondientes a cada uno de estos sistemas de cuencas, los cuales se agrupan en la AEF de las Cuencas de Colisión, que se desarrollo entre el Cretácico Superior Campaniano al Eoceno Medio Superior, período este que comprendió el proceso de colisión. Dentro de los elementos propios a estos sistemas de cuencas, se reconoce principalmente la Cuenca Central la cual se extiende hacia la franja oriental del territorio provincial y se halla cubierta discordantemente por las rocas del Neoautóctono cubano. La evolución de esta cuenca estuvo ligada al surgimiento de fallas rumbo deslizantes y movimientos de sobrecorrimiento por el buzamiento de fallas de bajo ángulo, lo que provoco la formación de un relieve desmembrado y complejo con zonas elevadas y hundidas adyacentes con determinado orden marcado por la tectónica (Jesús Blanco, 1996). La

existencia de estas condiciones favoreció la acumulación de sedimentos terrígenos y carbonatados que constituyeron las rocas presentes hoy en este sistema.

Ocupando la mayor parte de la superficie del territorio provincial se hallan las rocas pertenecientes al segundo nivel estructural principal en el que se divide el modelo geológico de Cuba. Las rocas y estructuras del Neoautóctono cubano se formaron después de la consolidación del substrato plegado, es decir, a partir del Eoceno Superior. Según las investigaciones realizadas (Iturralde-Vinent 1978,1988b, Bresznyásky e Iturralde-Vinent 1978), durante esta etapa y hasta el presente, dominan los movimientos verticales oscilatorios, que dieron lugar a la formación de una estructura de bloques distintamente elevados. Algunos bloques son de altitud positiva, donde apenas se depositaron sedimentos de este intervalo; otros son de altitud intermedia, donde los espesores de sedimentos no superan los cientos de metros; y existen de altitud negativa, que conservan espesores de más de 3 000 metros de sedimentos del Eoceno Superior tardío al Reciente. Estos depósitos presentan muy pocas deformaciones, cubren casi subhorizontalmente de forma discordante al substrato plegado (Iturralde-Vinent, 1996).

En estos sedimentos se pueden reconocer tres ciclos sedimentarios o estadios de transformación de la paleogeografía. Un estadio del Eoceno Superior al Oligoceno representado en la región de estudio por las rocas de las formaciones Chambas, Ferrer, Piedras, Marroquí, Vertientes, Tamarindo y Jatibonico. Este ciclo se caracteriza hacia la zona oriental y central de Cuba, además de la cuenca de los Palacios, por la presencia de facies terrígenas y sílice-clásticas derivadas de la erosión de rocas preexistentes. Sobre este conjunto terrígeno se fueron acumulando sedimentos carbonatados que predominan hacia la porción superior de este estadio. El segundo ciclo se extiende del Mioceno Inferior al Medio Superior y al mismo se refieren las formaciones Paso Real, Arroyo Palma y Güines. Este ciclo presenta características estratigráficas más uniformes mostrando un predominio de facies carbonatadas. Los sedimentos propios del tercer ciclo de sedimentación del Neoautóctono cubano ocupan el período comprendido entre el Plioceno al

Reciente, en los mismos se evidencia un marcado carácter terrígeno, las cuales se conforman por calizas organodetríticas, calcarenitas, biocalcarenitas y biolititas y en Ciego de Ávila se representan por las formaciones Villa Roja, Jaimanitas, Camacho, los depósitos aluviales-eluviales, palustres y marinos. Ver Mapa geológico (Anexo -1).

Geología Local

Cayo Coco se enmarca dentro del contexto de la geología regional, en lo que puede resumirse como banco carbonatado que transiciona en un mar de elevada profundidad, es decir, la plataforma, el margen, el talud y la base de éste. Este banco fue un arrecife coralino alóctono, el cual en épocas geológicas anteriores, se ubicaba más al *NORTE* y que debido a movimientos de la corteza terrestre (placas) se fue acercando al arco de islas. En la actualidad, debido a la colisión de los dos bloques, este arco sobrecorre la zona y, por tanto, el banco o arrecife subduce.

Es así, que durante el Pleistoceno Medio y el Pleistoceno Superior, ocurrió una transgresión generalizada la cual cubrió las partes más bajas del litoral a todo lo largo del país, lo que trajo consigo una acumulación de sedimentos, fundamentalmente de origen detrítico y biodetrítico, en un ambiente postarrecifal con tendencia a un ambiente de playa, dando lugar a la formación Jaimanitas. Posteriormente, en el Pleistoceno Superior, ocurre la regresión Wisconsin; después de la cual en el Holoceno Temprano, tuvo lugar la ocurrencia de depósitos eólicos. Ya en el Holoceno Tardío continúa la deposición eólica y comienza la formación de sedimentos de origen palustre.

La constitución geológica de la cobertura superficial de Cayo Coco, tanto emergida como sumergida, está enmarca en la Asociación Estructuro Formacional (AEF) de Neoplataforma, específicamente en el tercer ciclo sedimentario o estadio de transformación paleogeográfica datado del Plioceno al Reciente, que comenzó por el predominio de sedimentos clásticos y concluyó con el dominio de rocas carbonatadas, reflejando un proceso general de transgresión marina que culminó súbitamente con una regresión, ocurriendo

progresivamente la reducción de la profundidad de las aguas y extensión o emersión del territorio en el Holoceno. En la actualidad, existen criterios para inferir el desarrollo incipientemente de otro nuevo ciclo de sedimentación.

Las transgresiones y regresiones glacioeustáticas del nivel del mar jugaron y juegan un destacado papel en la historia de la sedimentación cuaternaria. Durante los primeros eventos, enormes territorios emergidos actuales eran inundados por las aguas marinas y se depositaban en ellos los sedimentos, los que posteriormente, en los segundos eventos eran sometidos a los agentes de intemperismo sub-aéreo tropical.

En área de estudio pertenece a la Unidad Tectónico-Estratigráfica Cayo Coco, en la cual los depósitos del Jurásico al Eoceno se encuentran cubiertos por paquetes rocosos del Neógeno y sedimentos friables de todo el Cuaternario.

Esta zona es la más exterior del archipiélago cubano, el corte característico dado por los pozos en los Cayos del norte, comienzan con el Jurásico Inf-Sup con depósitos de la FM Punta Alegre (J1-2), sedimentados en un ambiente de mares de alta salinidad y alta evaporación, conjuntamente con grandes profundidades, estas se conforman de esquistos arcillosos-limosos-arenosos intercalando paquetes anhidritas y sales, se observan dolomitas y calizas en las partes superiores. Arriba discordantemente en contacto se ubican los depósitos de FM Cayo Coco (J3-Tithoniano), los cuales son sedimentos de las mismas características de la formación Punta Alegre pero donde desaparece los productos terrígenos y prevalecen las calizas en las partes bajas del corte y las dolomitas intercalando anhidritas en las partes medias y altas de la formación.

Los depósitos más recientes, es decir los que se ubican en el Neógeno y el Cuaternario, están representados por la FM Guines (N1(2b)) la cual se forman de calizas organodetríticas y detríticas hacia la parte superior del corte, el ambiente de sedimentación es nerítica en condiciones de abundancia de organismos marinos de esa zona. Por encima de ellas se ubican los depósitos

de la formación Jaimanitas (Pleistoceno Sup. (Seco), las cuales se conforman por calizas organodetríticas, calcarenitas, biocalcarenitas y biolititas.

Al hacer mención de las deformaciones de las rocas del Eoceno Sup-Cuaternario se aprecia que durante este período existieron bloques que ascendieron y otros que se sumergieron un ejemplo de un ascenso lo fue el bloque de Cayo Coco que ascendió a principios del Paleoceno y provocó la erosión de los depósitos del Maestrichtiano, para así volver a principios del Eoceno a sumergirse y posibilitar la deposición Eoceno-Cuaternario. El relieve más difundido es de llanura interior sobre calcarenitas y biocalcarenitas del tipo abrasivo, plano y carsificado que se desarrolla sobre las rocas de la FM Jaimanitas y se ha producido debido a las pulsaciones geotectónicas con las oscilaciones del nivel del mar en una combinación armónica natural, en ellas se desarrollan numerosos fenómenos físicos-geológicos destacándose el proceso de carsificación.(Mapa Geológico, Anexo-1).

Estratigrafía.

En la base del corte estudiado aparecen litologías del complejo terrígeno-carbonatado del Neógeno-Cuaternario (N-Q), agrupadas en la Formación Jaimanitas datada del Pleistoceno Superior (Fm. js Q_{II-III}), representados por biocalcarenitas y calcarenitas, que alcanzan espesores entre 8.0 m y 10.0 m, depositadas en mares someros similares a los actuales, consideradas el zócalo o substrato donde yacen discordantemente los sedimentos innominados del Cuaternario, específicamente del Holoceno (Q_{IV}) con menos de 10000 años de existencia, representados por las arenas.

Los sedimentos marinos holocénicos no consolidados (friables) son los únicos representantes superficiales, ya que ocupan la totalidad de las áreas sumergidas estudiadas y los sectores colindantes, constituidos por arenas carbonatadas, en ocasiones conchíferas o coralinas, de génesis biogénico-hidrodinámicas, con color predominante blanco crema y crema claro, así como bioclastos, que forman llanuras y barras submarinas.

La composición de las partículas que conforman estos depósitos, se encuentra en dependencia directa con las rocas o sedimentos costeros y los fondos sumergidos cercanos e inmediatos, u otras fuentes de suministros como la barrera coralina distante a poco más de 1.0 km, la biota que coexiste y las características físico-químicas del agua marina. Se debe señalar que los restos fósiles reportados pertenecen a especies actuales.

Tectónica

Atendiendo a los rasgos estructurales de la plataforma insular nororiental de Cuba, las áreas de estudio se ubican en el extremo norte de sutura de tres macrobloques (el Central, la Cuenca Central y el Camagüey-Holguín), en la Asociación Estructuro Formacional (AEF) Cayo Coco, específicamente en el macrobloque Central.

Constituido por depósitos y rocas de cobertura, formados después de la consolidación del substrato plegado, luego de la Orogénesis Cubana, a partir del Eoceno superior hasta el Reciente, por lo que pertenecen al Neoautóctono Cubano, donde dominan los movimientos verticales oscilatorios que dieron lugar a un mosaico de bloques distintamente elevados (emergidos y sumergidos), que presentan muy pocas deformaciones tanto plicativas (pliegues y rizaduras) como disyuntivas (fallas y grietas), vinculadas regionalmente al campo de esfuerzos transpresionales que generan los movimientos de la corteza a lo largo de las fallas de deslizamiento por el rumbo (NNE-SSW) La Trocha al Oeste y Camagüey al Este, con direcciones predominantes NE-SW pertenecientes al Sistema Disyuntivo Camagüey, mayormente heredadas del substrato plegado.

Durante los trabajos ejecutados en esta investigación no fueron detectadas localmente deformaciones algunas, por lo que se puede inferir que las áreas han tenido una evolución estructural y geodinámica relativamente tranquila y estable.

Geomorfología

El relieve joven de las áreas en cuestión presenta gran desarrollo de las formas de origen marino, debido, en lo esencial, a la interacción de los procesos morfogenéticos, especialmente los movimientos neotectónicos ascendentes o descendentes que dividieron el territorio de Cayo Coco en bloques, a las variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario, así como a su ubicación en la franja tropical septentrional que condicionan un conjunto de procesos exógenos (denudativos-acumulativos) de ciclo relativamente periódico (invierno-verano) y al predominio de los complejos litológicos carbonatados. Atendiendo a los aspectos antes mencionados el relieve se clasifica en dos categorías: relieve submarino y relieve del territorio emergido.

Geomorfología submarina

La plataforma insular nororiental donde se enmarcan las áreas investigadas, puede definirse como una unidad morfoestructural, resultado de la tendencia general de los movimientos neotectónicos, las sucesivas regresiones y transgresiones marinas, la posición actual del nivel del mar y el desarrollo de procesos climáticos, biogénicos e hidrodinámicos.

Según el nivel inferior de clasificación en las áreas aparece el complejo morfológico (unidad homogénea atendiendo a la morfología, estructura geológica, carácter de la cobertura, granulometría y composición de los sedimentos y la naturaleza específica de los procesos exógenos) denominado *llanura acumulativa, abrasivo-acumulativa, plana, ligeramente inclinada, aterrazada* específicamente del subtipo *acumulativa, plana*, considerando el carácter específico de la genética y la morfología de sus superficies, que presentan profundidades entre 1.00 m y 3.00 m (primer nivel de terraza más reciente y de amplitud variable), compuesta por depósitos arenosos holocénicos de granulometría fina.

En estos fondos arenosos de la zona central aparecen estructuras acumulativas secundarias de ripple-mark y de forma dispersa se desarrollan individuos de *Thalassia testudinum* entre otros, que no constituyen formaciones vegetales, por lo que la superficie se encuentra casi en su totalidad desprovista de vegetación.

Debe destacarse que los canales y canalizos como los encontrados en las inmediaciones de las áreas, así como sus desembocaduras y sectores de influencia, presentan singular importancia en la formación del relieve acumulativo de energía moderada a baja, debido a la acción de las corrientes de aflujo y reflujo que atraviesan las zonas costeras, centrales y exteriores de la plataforma, provocando el origen de elementos morfoesculturales como las llanuras y barras submarinas.

La playa sumergida de La Jaula (desde la línea de costa o 0.00 hasta los -1.50 m de profundidad) se enmarca dentro de la zona costera de la plataforma, presentando una pendiente suave con rangos entre 0.0188 y 0.0322 grados, cubierta parcialmente por depósitos de arenas que se ven interrumpidos espacialmente por afloramientos rocosos en forma de salientes, tanto en el extremo occidental como en una franja rocosa de hasta 8.00 m de ancho y 90.0 m de largo, paralela al litoral. En la superficie del fondo arenoso aparecen elementos secundarios de ripple-mark y vegetación dispersa.

Geomorfología del territorio emergido

El territorio emergido que comprende la playa alta y sectores colindantes se desarrolla sobre rocas recientes de la Formación Jaimanitas de origen marino que forman una llanura, sobre la cual yacen discordantemente depósitos intermedios creados por factores marinos y continentales del Holoceno que conforman playas, barras y dunas, representando desde el punto de vista genético el complejo de relieve de *llanuras marinas*.

Esta unidad expone como subtipo característico la *llanura acumulativa-abrasiva, ligeramente ondulada, plana y poco diseccionada* con alturas

menores a 4.00 m, integrada por arenas sueltas y poco consolidadas, que forman cadenas paralelas al litoral, hacia donde se disponen las más bajas, friables y jóvenes, lo que demuestra un proceso de emersión reciente. Asociadas a estas últimas, en el borde costero se emplazan la barra y la playa actualmente degradada por procesos erosivos, constituyendo un relieve dinámico relativamente inestable de moderada a alta energía.

El perfil de playa en el área estudiada se encuentra incompleto debido a la ausencia casi total de la berma (franja de exposición solar desprovista de vegetación), que sólo aparece en los sectores extremos que la limitan. Hacia el occidente el ancho de este elemento varía entre 2.5 m y 4.50 m y su largo no excede los 20.00 m, y en la parte oriental se amplía a 3.00 m y 5.00 m y su longitud llega a los 25.00 m, catalogada ambas como bermas estrechas.

El strand (cara de la playa) presenta hasta 3.00 m de ancho y pendiente suave (menor de 3°), colinda indistintamente con los dos sistemas de dunas que aparecen en el área, creándole uno o dos escarpes de hasta 0.30 m de altura, paralelos a la línea de costa y entre sí.

La duna estabilizada débilmente cementada, cubierta por vegetación arbórea o de matorral costero, constituye el segundo sistema de dunas con cimas redondeadas y alturas de hasta 1.60 m, conformada por arenas finas de color gris parduzco debido al contenido variable de materia orgánica, que en el sector central de la playa es afectada directamente por escarpes erosivos.

El primer sistema de dunas de distribución espacial discontinua, aplanada con alturas entre 0.60 m y 0.90 m y ancho de hasta 12.0 m, conformada por arenas de granulometría fina y color crema claro, está cubierta parcialmente por las instalaciones de Tropas Guardafronteras y por especies rastreras y herbáceas, aspecto que le otorga cierta estabilidad, debido a la impedimenta de tributar material arenoso hacia la playa para mantener un perfil intermedio cuando predominan los procesos erosivos.

La laguna costera marginal que completa el perfil se encuentra en la actualidad rellena casi en su totalidad, con material compactado y sobre éste construcciones hoteleras por lo que el relieve temporal o permanentemente inundado se ha modificado en un relieve antrópico.

Hidrogeología

En el área de estudio las aguas superficiales están formadas por los cuerpos de agua que forman la plataforma insular, la laguna litoral y el agua que temporalmente, producto de las precipitaciones se acumula dentro del área de manglar.

El nivel de las aguas subterráneas en el área se encuentra a profundidades que varían desde 0.14 m y 0.88 m, sus variaciones dependen de las oscilaciones de las mareas. Estas aguas pueden catalogarse de salinidad media, la agresividad es de moderada a severa, dado por las concentraciones del anión SO_4 , que alcanza valores desde 0.053 hasta 0.936 g/l y como media 0.452 g/l. Estos elementos ejercen una acción corrosiva sobre el hormigón evaluado de moderada. De acuerdo a los valores obtenidos estas aguas clasifican como Cloruradas sulfatadas sódico magnésicas, según Kurlov y según Vernadski clasifican como aguas salobres, con contenidos de sales solubles totales desde 1.959 g/l hasta 8.623 g/l.

En los yacimientos las aguas están controladas por el régimen marino de la plataforma ya que los mismos se encuentran sumergidos.

ANTECEDENTES

El área de estudiada cuenta con un alto grado de estudio desde el punto de vista ambiental y turístico, a continuación enumeramos los principales trabajos realizados:

1. ACC/ICGC: Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande. Ed. Científico – Técnica. La Habana. 174 pp.
2. Cruz, O. E, De La Paz Conde. O., y González. A. D. (1993): Establecimiento de la línea de construcción en zonas costeras de los cayos Coco, Guillermo, y Paredón Grande. CIEC. ACC (Inédito).
3. De la Paz Conde O. y González. D. (1994). Estructura y Dinámica de las Playas para su manejo y conservación. CIEC. (Inédito).
4. De la Paz Conde O y Maldonado Álvarez L. (1995). Caracterización del Medio Marino y su influencia en la durabilidad de las construcciones. Memorias del V Congreso Iberoamericano de Patología de la Construcción.
5. De la Paz Conde O y Maldonado Álvarez L. Determinación de Aerosoles Marinos e influencia de los mismos en la Cayería Norte de Ciego de Ávila. Memorias del VI Congreso Iberoamericano de Calidad de las Construcciones.
6. Derruau. M. (1970): Morfología litoral y submarina. Geomorfología. Edit. Ariel. Barcelona, pp 388-427.
7. Esquema de desarrollo de Cayo Coco. (1989). DPPF. Ciego de Ávila.
8. ENIA. (1993). Informe técnico sobre la dinámica de las playas en Cayo Coco.(Inédito).
9. Fernández Vila, L.J y Chirino Núñez, A.L (1993): Atlas Oceanográfico de las aguas del archipiélago Sabana-Camaguey. ICH, La Habana 1-235

10. Fernández Vila, L.J, Rodas Libertad y De la Paz Conde O. (1997): Informe final Proyecto GEF-PNUD. Caracterización Oceanográfica de las aguas del archipiélago Sabana Camaguey. CITMA.
11. García Acosta, R. (1987): Geografía Física del Océano. Editora Universitaria, Ciudad de la Habana, pp 276.
12. Juanes. J. L. Ramírez. E., y Medvediev, V. S (1986): Dinámica de los sedimentos de la península de Hicacos. Cuba I. Variaciones morfológicas del perfil de playa, Ciencia de la Tierra y del Espacio. Edit. ACC, Ciudad de la Habana, pp 138-149.
13. Juanes. J. L. Ramírez. E., y Medvediev, V. S (1986): Dinámica de los sedimentos de la península de Hicacos. Cuba II. Efecto de las olas de viento en la zona costera. Ciencia de la Tierra y el Espacio. Edit. ACC. Ciudad de la Habana, pp 93-101.
14. Ministerio de obras públicas y transporte. (1991): Costas. Unidad Impresora Gráfica Urania. España, pp 8-21.
15. Ruíz. J C (1992). Variaciones morfológicas del perfil de playa desde enero a septiembre de 1992 en los Cayo Coco, Guillermo y Paredón Grande. CIEC: (Inédito).
16. Colectivo de autores, GEOCUBA Ciego de Ávila. Caracterización de la Línea Base Ambiental Unidad "Los Flamencos". Cayo Coco.
17. Colectivo de autores, GEOCUBA Ciego de Ávila. Estudio de Impacto Ambiental Hotel "Lago 2". Cayo Coco. 1998.
18. Colectivo de autores, GEOCUBA Ciego de Ávila. Estudio Geólogo Hidrográfico Laguna Tiburón, Cayo Coco. 1998.
19. Colectivo de autores, GEOCUBA Ciego de Ávila. Planeamiento Ambiental Laguna Tiburón, cayo Coco. 1999.
20. Colectivo de autores, GEOCUBA Ciego de Ávila. Estudio de Impacto Ambiental del Hotel COCO III. 2003

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Para cumplir los objetivos propuesto en la presente investigación se trazaron una serie de tareas las cuales se mencionan a continuación:

- Caracterizar playa La Jaula.
- Calcular el déficit sedimentario de la playa.
- Analizar y establecer alternativas para la regeneración de la playa.
- Búsqueda de posibles áreas de préstamos de arena en la zona.
- Caracterizar las áreas de préstamo (ofrecer las características geológicas de los sedimentos arenosos no consolidados, descripción del corte estratigráfico y de las propiedades físico-mecánicas de las arenas encontradas).
- Analizar la compatibilidad de los sedimentos.
- Delimitar y geometrizar espacialmente los depósitos arenosos (caracterizar la morfología, la estructura interna, calidad, variabilidad y condiciones de yacencias).
- Calcular las reservas totales en las posibles áreas y clasificar dichas reservas según su grado de estudio.
- Análisis ambiental.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación, se realizó en tres etapas de trabajo, una etapa inicial de gabinete, una de campo y la etapa final de gabinete, de modo tal que cuando concluyó la investigación se emitieron criterios que permitieron arribar a conclusiones sobre los trabajos realizados.

En la primera etapa se hizo una revisión bibliográfica de toda la información existente sobre el área objeto de estudio, se determinó la escala de trabajo,

definiéndose que información cartográfica utilizar así como las fotografías aéreas. Además se definieron los parámetros morfoestructurales y ambientales para la evaluación de la playa.

Concluida esta etapa, se dio inicio a los trabajos de campo donde inicialmente fueron caracterizadas ambientalmente playa La Jaula, así como las posibles áreas de préstamo, brindando los datos necesarios para el cálculo del déficit de la playa investigada y para el cálculo de los volúmenes de reserva en los préstamos.

En esta etapa se delimitaron las áreas con condiciones cualitativas mediante métodos topográficos de medición directa a partir de la Red Geodesica Nacional, para luego realizar el levantamiento batimétrico de las mismas. Esta información permitió como resultado comenzar con los estudios ingeniero-geológicos y la caracterización y compatibilización de los sedimentos de las zonas propuestas como préstamos y el sedimento de la playa a recuperar.

En esta misma etapa se realizaron trabajos de perforación y muestreo tanto en las zonas de préstamo como en la playa investigada.

En la tercera etapa se hicieron ensayos de laboratorio, se realizó el cálculo de reservas y se procesó toda la información obtenida de la etapa anterior. Se determinaron los posibles impactos ambientales de las obras a ejecutar y mediante ello se establecieron las regulaciones que permitieran minimizar los impactos negativos y el periodo de su incidencia.

FUNDAMENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los procedimientos, tanto de campo como de gabinete, empleados se fundamentan en los siguientes aspectos:

- Los perfiles topo-batimétricos de playa se ejecutaron en la zona a regenerar a distancia de 20 m a lo largo de la línea de costa, mientras que en el resto de la unidad fisiográfica se distanciaron cada 100 m. En todos los casos las

mediciones se realizaron con ayuda de una estación total y los espesores de sedimento en los perfiles se determinaron mediante la hinca de varillas metálicas graduadas. La medición de los perfiles no se sujetaron a una escala fija, sino que dependió de las variaciones morfológicas del perfil en cada caso: la longitud de los mismos estuvo comprendida entre el borde de las parcelas o en su defecto por el límite bajo de la última duna y la distancia del perfil activo aguas adentro.

- Para los análisis de los datos oceanográficos y de la dinámica costera se utilizaron métodos aero-fotogeodésicos, modelos matemáticos de propagación de ondas, transporte de sedimentos, oleajes, índices de rotura, shoalin, etc.
- Las posibles áreas de préstamo se localizaron mediante interpretación de fotos aéreas.
- La exploración de los fondos se realizó mediante buceo autónomo, con la ayuda de una embarcación y el uso de varillas metálicas graduadas.
- La georeferenciación de las zonas de estudio, se realizó mediante el método de doble intercepción, con la ayuda de una estación total marca LEICA y un Teodolito taquímetro TEO-010. El posicionamiento comprendió la realización de una poligonal referenciada a la red del sistema geodésica nacional.
- El procesamiento digital de la información se realizó con una Microcomputadora Pentium4 con plataforma Windows NT y se utilizaron programas como el Surfer8, AutoCad Map y las herramientas de Microsoft Office.
- Para el estudio ingeniero-geológico, se utilizó el método de prospección mediante perforación, utilizando una patana y una perforadora de rotación, bolsas para muestra y las mismas fueron analizadas en el laboratorio de la Unidad de la ENIA en Camagüey, laboratorio acreditado para ello.
- La caracterización de los fondos marinos, su morfología y elementos bióticos existentes se determinaron mediante transeptos, utilizando equipos de buceo autónomo, cuadrantes y bolsas de colecta.
- El levantamiento batimétrico se realizó mediante escandallo, determinando los puntos por doble intercepción. La escala de trabajo fue de 1:500 y las planchetas fueron confeccionadas de acuerdo a los requerimientos

establecidos según el Manual de Instrucciones para el Sondeo.

- La determinación de los impactos ambientales se realizó mediante la metodología aprobada por el CITMA, para zonas costeras y de acuerdo a las regulaciones ambientales vigentes en el país, en consulta además con los parámetros que establecen las normas cubanas para cada caso.

DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Caracterización y cálculo del déficit de la playa.

Para el estudio y evaluación de la playa se establecieron dieciocho (18) estaciones de muestreo, ubicadas en la parte superior de la playa emergida, siguiendo la orientación geográfica de la línea de costa que va desde las coordenadas $X = 761017.84$ y $Y = 301976.79$, hasta el punto de coordenadas $X = 761409.68$ y $Y = 302050.96$. Las estaciones se georeferenciaron mediante el levantamiento topográfico, a la red geodésica nacional.

A partir de las estaciones conocidas se realizaron perfiles de nivelación (anexo-2), perpendiculares a la línea de costa hasta cubrir el área total del sector en el agua, hasta la longitud del perfil activo (el cual se estableció en el borde de la vegetación, siguiendo el criterio de varios autores y estudiosos del tema).

La clasificación granulométrica de los sedimentos se estableció por dos métodos diferentes, primero según la metodología propuesta por Kachinski (Kaurichev. I. S. 1989) y la propuesta por la escala WENTWORTH.

La pendiente de la playa se determinó mediante la medición del ángulo vertical que se forma desde el límite de la vegetación de la duna y el último punto medido en el agua, el cual coincide con el límite de la vegetación subacuática.

Para calcular el déficit de la playa se construyó el mapa real de la playa (Anexo-5) con los datos de los resultados de la batimetría (Ver Anexo-2) y

además se confeccionó el mapa ideal de la playa (Anexo-) para con ambos y con ayuda del Surfer, calcular el déficit real de la misma.

Para lograr los objetivos del trabajo se precisaron una serie de criterios que permitieron determinar las propuestas de mejoramiento, regeneración y ordenamiento del litoral de la Jaula. El área fue evaluada con los siguientes criterios:

- Orientación de la línea de costa.
- Presencia o no de afloramientos rocosos y escarpes abrasivos en la zona de playa.
- Profundidad y pendiente de la playa.
- Elementos del relieve que condicionan el régimen hidrodinámico.
- Clasificación y génesis de los sedimentos.
- Presencia de duna y laguna costera.
- Capacidad de asimilación y recuperación de la playa.
- Potencial natural del tramo costero.
- Niveles de acceso.

Fotointerpretación

La fotointerpretación se realizó con las fotos del área de los siguientes levantamientos aéreos:

- levantamiento aéreo escala 1:60000 1956.
- levantamiento aéreo escala 1:33000 1978.
- levantamiento aéreo escala 1:33000 1982 K-10.
- levantamiento aéreo escala 1:8000 1995.
- levantamiento aéreo escala 1:33000 1998.

Topografía y Batimetría

La playa se caracterizó a través de la realización de 19 perfiles (Anexo-2), los cuales partían desde la parte emergida de la playa y terminaban entre los 100m y 250m dentro del agua y se espaciaban entre los 10m y 20m irregularmente, dada las condiciones de la playa.

Los trabajos en las zonas de préstamo consistieron en la determinación de 30 datos de coordenadas cartesianas y profundidad de la superficie emergida a perforar (ver Tablas 5 y 6), estos se ejecutaron luego de fondeada la plataforma de perforación en el sitio indicado e hincado de la camisa metálica en la arena, para lograr la máxima estabilidad.

Dichas coordenadas fueron obtenidas mediante un receptor MAGELLAN GPS 315, navegador que ofrece datos con un rango de inexactitud de 10.0 m a 20.0 m trabajando por el modo estático, sin correcciones diferenciales. Estos registros fueron controlados con mediciones secundarias por el método de ángulo y distancia, utilizando brújula de geólogo, plancheta y cinta métrica de 50.0 m, así como por software post-procesamiento (DataTrack 3.5, DataSend y SIRE). Como referencia se tomaron las boyas que delimitan las áreas (ver tabla 2).

La profundidad de la superficie emergida, es decir, la capa inicial de agua existente en cada cala, se midió mediante un escandallo graduado. Estas mediciones fueron instantáneas por lo que no presentan correcciones de marea.

Red de exploración

La ubicación de las calas en ambas áreas se planificó mediante perfiles paralelos, para lograr una red de exploración rectangular de 90.0 m x 50.0 m para el área occidental y de 70.0 m x 40.0 m para el área oriental, que debido a la inexactitud de las maniobras de fondeo y al régimen marino imperante fue imposible mantener. No obstante, se logró la racionalidad, representatividad y confiabilidad de los datos (probabilidad de confianza del 99 %), mediante una densidad de la red de exploración

aceptable, atendiendo a la superficie de influencia aproximada por cala, para la primera área es de 2394.24 m² x cala y para la segunda de 1466.34 m² x cala.

Esta red planificó de esta manera para poder maniobrar la embarcación con la cual se hicieron las perforaciones y lograr la mayor cantidad de datos para que fuera más confiable la exploración.

Perforación

Para lograr la exploración de superficie y del corte geológico, así como la identificación y descripción de los sedimentos y rocas que lo componen (según NC 61:2000), se ejecutó la perforación de 15 calas en cada una de las áreas para un total de 30, con una maquina perforadora modelo MARK VII de fabricación Inglesa, que utiliza el sistema universal de trabajo (presión, percusión y rotación), ubicada sobre una plataforma flotante no autopropulsada (patana La Luisa), remolcada por la embarcación de pequeño porte LH 25. Los dos primeros equipos pertenecientes a la UIC Camagüey (ENIA) y el tercero a Empresa GEOCUBA Camagüey-Ciego de Ávila.

Todas las perforaciones se ejecutaron en mar tranquila o ligeramente rizada (con olas de hasta 0.30 m de altura) para mantener la verticalidad correcta de los sondeos y lograr obtener una potencia normal (potencia vertical) a la superficie de comparación (nivel medio del mar).

Los trabajos de perforación comenzaron por el método de percusión, mediante la hincas de camisas metálicas ($\varnothing=108$ mm) con corona acoplada (broca de corte) hasta el techo de la roca, con el objetivo de aislar y proteger la columna a investigar; luego se penetraron por el centro de estas

camisas de 3 a 6 cucharas cubanas (SS) (muestreadores divididos de $\varnothing=76$ mm) en dependencia del espesor de la capa de arena, obteniendo el número de golpes en 30 cm (N) hasta alcanzar el criterio de rechazo (35 golpes en 30 cm), ensayo de penetración estándar (SPT) ejecutado in situ con el propósito de determinar la resistencia al esfuerzo cortante de las arenas y con ello su compacidad (corregida mediante la formula $N_{\text{corregido}} = N_{\text{medido}} - 0.5 (N_{\text{medido}} - 15)$, para valores de N mayores que 15 por estar el suelo sumergido, según NC 203:2002). Finalmente al contactar con el techo de la roca, se continuaron los laboreos mediante el método de rotación de las camisas para de esta forma extraer la columna completa de la cala (agua + sedimento no consolidado + roca).

En todos los casos se utilizó un sistema de perforación combinado con recuperación continua de testigos logrando el 100 % de recuperación. Sólo en la cala 15 (CA-15) del área occidental no se recuperó el material arenosos poco compacto, debido a la caída de éste durante el ascenso de los muestreadores.

Muestreo

De la recuperación continua de testigos de la perforación se realizaron 25 toma de muestras técnico-mineralógicas alteradas de una alta representatividad, 15 en el área occidental y 10 en el área oriental, para la realización de ensayos físicos (ver Tabla 3), así como el estudio de las particularidades de su composición y calidad mineralógica.

Tabla (3). Numero de muestras.

Área	Número de muestras ensayadas
Occidental	15
Oriental	10

Playa La Jaula	10
Cantidad Total (U)	35

También se tomaron 10 muestras superficiales alteradas en 3 perfiles realizados en Playa La Jaula mediante el método de puntos, ejecutados de forma manual en pequeñas calicatas, para comparar y compatibilizar las características de las arenas existentes en los diferentes elementos del perfil de playa y las que se pretenden verter para el mejoramiento de este sector costero.

De estas 10 muestras, 3 pertenecen a la berma, 3 al strand, 3 a la playa sumergida y 1 muestra compuesta.

Estas 35 muestras fueron envasadas en bolsas de nylon, cerradas herméticamente en la boca, debidamente etiquetadas, y transportadas según lo planteado en la NC 14:1998.

Ensayos de Laboratorios

A las 35 muestras tomadas se le efectuaron los siguientes ensayos físicos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la entidad investigadora (ver Tabla 4).

Tabla 4. Volúmenes y tipos de ensayos realizados.

	Número de Muestras Ensayadas	Cantidad y Tipo de Ensayo (NC utilizada)		
		Granulometría	Hidrómetro	Peso Específico
		(NC 20:1999)	(NC 20:1999)	(NC 19:1999)
	15	15	15	8
	10	10	10	5

	10	10	10	5
	35	35	35	18

Por el nivel de detalle requerido en esta investigación para la clasificación granulométrica de las arenas, en los resultados se brindan los datos de las tres subdivisiones: arena gruesa (4.75-2.00 mm); arena media (2.0-0.425 mm); arena fina (0.425-0.075 mm).

También fueron analizadas 16 partes (cuarteo de muestras de ≈ 100 g) escogidas en procedimiento aleatorio dentro de las 35 muestras totales, para determinar la forma de los granos y el contenido sedimentológico de las fracciones más representativa (fina y media), mediante inspección visual por medio de un microscopio óptico. Posteriormente se generalizaron los resultados en 6 grupos principales: foraminíferos, moluscos, algas calcáreas, corales, bioclastos, y otros.

Para la determinación de la velocidad de caída libre de las partículas de arena en el laboratorio se utilizó un recipiente graduado de 0.50 m de altura, lleno con una solución salina simulando la densidad media del agua de mar, a este envase se le fueron vertiendo pequeñas cantidades de partículas de arenas separadas por fracciones granulométricas y con un cronómetro se tomó el tiempo en que demoraban en precipitar. Los datos de este experimento fueron corroborados con mediciones realizadas en las áreas investigadas mediante un procedimiento similar, utilizando condiciones naturales de mar en calma y leve influencia de las corrientes marinas.

Aunque algunas metodologías recientes emiten estos valores de forma adimensional por tener en cuenta otros parámetros en los cálculos, en este informe se dan en metros / segundos.

Análisis de la compatibilidad de los sedimentos.

Esta compatibilidad fue dada por la determinación de valores físicos, genéticos y estadígrafos obtenidos a partir de las muestras tomadas y de la evaluación de la zona. El análisis se realizó con los valores reales del tamaño de los granos, los cuales fueron convertidos a unidad Phi, calculando por el método de James (SPM, 1984) el tamaño crítico estable y luego el factor de sobrellenado Ra, mediante la siguiente fórmula:
 $q = (f - M_n) / S_n$, donde:

q: tamaño límite estable de la partícula.

f: constante de la tabla c1 del acápite 1 del CERC (Coastal Environmental Research Center).

Mn: media del sedimento natural de la playa.

Sn: desviación estándar.

Procesamiento digital de la información

Con toda la información existente después de realizados los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se confeccionaron mapas de las áreas, perfiles de la playa y tablas, para ser analizados y utilizados en otras fases de la investigación.

Cálculo de reservas

El cálculo de las reservas existentes en las dos áreas investigadas se realizó mediante el Método de Bloques Geológicos, atendiendo a la homogeneidad y semejanza en la calidad, condiciones de yacencia y grado de estudio del material.

Se dividieron las áreas estudiadas en prismas rectos poliédricos de alturas diferentes , asumidos como bloques de cálculos para la determinación del volumen total ocupado por el material arenoso en estado natural, unidos entre sí a través de sus caras laterales contiguas, representados cartográficamente con la letra B y un número romano (ver Anexos -3 y 4)

La altura de cada prisma o bloque corresponde a la potencia media del cuerpo mineral en la dirección normal al plano de proyección (potencia vertical), calculada mediante la media aritmética, debido a la discreta variación de los valores de este parámetro básico.

El calculo de las áreas o superficie de cada prisma se calculó por el método gráfico mediante el software AutoCAD Map R2.

Las reservas totales en volúmenes se obtuvieron de la sumatoria de las reservas de los bloques individuales, quedando enmarcadas por el contorno interior (líneas rectas que unen las perforaciones contiguas ubicadas en las periferias del área, coincidentes con los lados o diagonales de las cuadrículas de la red de exploración y que limitan con reservas no balanceadas en esta investigación). No se utilizaron los contornos cero e industrial para los cálculos.

La precisión en los cálculos de las reservas fue evaluada mediante autocontroles, a través del análisis de confiabilidad de la geometrización de los cuerpos y selección del método de cálculo de los valores promedios de los parámetros básicos (potencia y área).

Cálculo de los costos totales

Se calcularon los costos totales del proyecto atendiendo a:

Costos de la Mano de Obra Directa, Costos Indirectos de Producción, Gastos de Dirección y Administración, Amortización Directa, Gastos de Materiales, Costos Empresa, precio Empresa +Capitalización y Subcontrataciones. (Ver Tabla 12).

CAPITULO III. SOLUCION DE LAS TAREAS TRAZADAS. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

CARACTERÍSTICAS DE LA PLAYA, CÁLCULO DEL DÉFICIT DE LA MISMA.

Valoración actual del medio ambiente.

La asimilación actual de los territorios donde se ubica la playa y sectores aledaños, ha conducido a un cierto grado de deterioro de la ecología y las propiedades estéticas del paisaje.

La interacción de los procesos naturales y las acciones encaminadas al desarrollo turístico que, de acuerdo con su intensidad, duración y extensión, han alterado de alguna manera la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas; y por consiguiente la estabilidad del paisaje del sector del cayo donde se realizó este proyecto.

Atendiendo a los diversos estados de conservación de las propiedades geoecológicas del paisaje, y conociendo los distintos grados de modificación, se pudo dividir el territorio en 3 zonas fundamentales:

- Zona poco modificada, abarca toda la playa emergida. Esta zona posee gran calidad estético-escénica, pues nos permite percibir un paisaje con altos atractivos, por la conservación de los elementos que forman el sistema playa-duna y la formación vegetal de costa arenosa a la asociada rica en variedad y especies endémicas, a pesar de las alteraciones que ha sufrido, tanto natural como por la actuación humana.



- Zona medianamente modificada, se ubica al sur de la anterior, o sea, entre el límite norte de la playa y el área que conforma las dunas, además todo el sector este de la albúfera que se encuentra en contacto con el área de la parcela. Esta zona ofrece una marcada intervención humana, pues muchas de las propiedades inherentes a los ecosistemas presentes han sido



alteradas, como es el caso del acuatorio, y la formación vegetal de manglar mixto asociada a este, que ha sido interrumpida por las labores de relleno, con lo cual queda cortada en secciones más o menos irregulares y muy estrechas, por lo que es un zona potencialmente frágil a la introducción de nuevos cambios, por lo que se recomienda su cuidado y protección.

Zona fuertemente modificada, ocupa toda la zona de la playa, donde han sido afectados con severidad los elementos del paisaje, debido a las acciones de antrópicas de todo este sector.



Caracterización de la playa como unidad fisiográfica independiente.

Desde los primeros estudios del litoral de los cayos, que datan de 1992 (Ruiz. J. C), se definieron, en una primera aproximación no lejana a la realidad, las unidades funcionales de las playas de Cayo Coco en cuanto a su dinámica sedimentaria; ya en 1994 queda definida como unidad fisiográfica independiente, la zona comprendida entre los puntos conocidos como Loma del Puerto y Punta la Petrolera, como una sola unidad funcional.

Desde la década del 40 esta Unidad fisiográfica sufrió transformaciones, ocasionadas por la acción directa del hombre sobre el litoral, ejemplo de ello lo constituye el espigón de desembarque ubicado en playa la petrolera a finales de 1942 , del cual aun se hallan restos y que constituye la primera barrera artificial opuesta al transporte longitudinal del sedimento en esta unidad, de

hecho esta acción provoco una ruptura de la unidad y una nueva configuración local de la línea original de playa y costa.

En las imágenes se muestra la transformación sufrida por la línea de playa, así como la interrupción del transporte, dando origen a una línea de orilla no original. Esta aseveración analíticamente permite por modelos geomorfológicos definir que la línea de orilla original estaba alrededor de 20 m por detrás de la actual y permite corroborar la importancia en esta unidad del transporte sólido longitudinal.



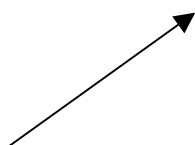
Ambas imágenes corresponden a los estudios realizados en la unidad para la evaluación cíclica anual del transporte sólido longitudinal y transversal de los sedimentos.



Otra interrupción de la dinámica sedimentaria de la unidad ocurre a finales de 1987, de un espigón de piedra ubicado en las inmediaciones del sector occidental de playa La Jaula, el cual provocó la acumulación excesiva de sedimentos en el sector corriente arriba (**up groin**) del mismo y una profunda erosión y retroceso de la línea de playa en el sector corriente abajo (**down groin**) que llegó a niveles críticos de -23 m. En la actualidad aun subsisten restos de esta construcción como puede apreciarse en la siguiente imagen:



RESTOS DEL ESPIGON



Por el nivel de pérdidas ocasionadas por la acción antrópica en la unidad original, y por el propio balance natural de la misma donde el porcentaje de pérdidas ha sido superior al de aportes, la unidad se ha fraccionado dando lugar a una nueva división funcional sedimentaria, por lo que puede categóricamente afirmarse que las nuevas Unidades Fisiográficas funcionales, están establecidas en dirección Este-Oeste del siguiente modo:

La primera unidad corresponde a los sectores que ocupan playa Flamenco y playa la Jaula, obsérvese en las del sector occidental

de playa la jaula como hay un divorcio total de los sedimentos que componen este sector con el de la unidad que le precede en esta dirección, es decir esta no aporta y mucho menos recibe sedimentos de la unidad que le precede.



Características de la unidad fisiográfica independiente Playa la Jaula. Funcionalidad y límites.

Luego de reconocer playa la Jaula como el límite físico y funcional de una unidad sedimentaria o lo que es lo mismo de una UFI, es imprescindible establecer el límite físico que permite tal denominación. Al analizar las fotos aéreas, el mapa del lecho de arena, los perfiles topobatimétricos, etc., podía definirse que playa la jaula formaba parte de una gran Unidad Fisiográfica que tenía sus límites en Loma del puerto y llegaba hasta el final de la Unidad Uva Caleta, en la actualidad y mediante este trabajo se pudo comprobar que los niveles de transporte sólido longitudinal son muy escasos o nulos ante eventos meteorológicos extremos, a partir de las coordenadas planas X – 761017.84 y Y- 301976.79, lo que establece que la Unidad se ha reducido hasta este límite y que por tanto, el extremo oriental de la playa constituye un nuevo límite funcional.

Características de la costa

Según el origen de la costa la misma puede clasificarse como costa arenosa o playa, compuesta por un sedimento de granulometría de media a fina, compuesto en su mayoría por restos de corales, moluscos, conchas y foraminíferos, todos de origen biogénico. La conformación de la costa orientada de NE a SE da lugar a una playa de pendiente suave, y condiciona a su vez, un sistema típico de playa-duna-laguna litoral, (entiéndase por duna, el montículo que precede en dirección tierra-playa, a esta última, creada y conformada por el sedimento más fino, por acción del viento).

La playa en un sentido más particular, desde el punto de vista de su sustentación lateral, es abierta, mientras que si analizamos su perfil transversal puede clasificarse como playa completa, dado a que su perfil comprenda desde tierra firme hacia el mar, de un área emergida, Strand (zona que se define entre los límites de marea alta y baja, que siempre recibe acción del oleaje a intervalos), y la playa sumergida. Uno de los aspectos más importantes al momento de clasificar una playa y específicamente en el caso que nos ocupa, radica en la actividad sedimentaria, distinguiéndose como inestable, lo que puede definirse claramente en los signos de erosión actual de la duna, quien está sirviendo de soporte a la playa emergida, la cual está en franca retroalimentación de ésta. Otro elemento que permite dicha afirmación se deduce al comparar los levantamientos aéro-fotogeodésicos de los años 1956, 1970, 1981, 1995 y 2000, los cuales demuestran que a partir de la construcción del espigón antes mencionado en el sector occidental de la playa, desde 1985 y hasta 1997 la diferenciación del litoral a ambos lados del mismo creó una zona hacia el Oeste de total erosión, mientras que el lado Este acumulaba parcialmente el sedimento producto que el transporte sólido litoral es neto longitudinalmente y su componente transversal es casi nulo.

Al eliminarse este obstáculo el sedimento parcialmente acumulado en la porción oriental del espigón sufrió una

redistribución que en un primer intento permitía la recuperación del lado Oeste cuyo déficit de sedimentos ya era total. Dada la acción de los agentes modeladores de la playa el sedimento continuó redistribuyéndose hasta establecer la línea original de la costa en dirección NE-SW, pero a su vez provocó un estrangulamiento de la playa emergida y por ende la reducción de la franja de sol por sectores y la desaparición de la misma en otra porción de la playa.

El perfil transversal por esta causa aumentó su ancho, pero como consecuencia de ello ha provocado la erosión de la duna, hasta los límites de eliminar más de un 40 % de la superficie ocupada por ésta años atrás, no reflejándose así hacia mar adentro donde la línea establecida por la vegetación mantuvo estable el límite del perfil activo.

Balance de sedimentos.

El balance de sedimentos de la playa está regido por la ecuación $\Sigma \text{ aportes} = \Sigma \text{ pérdidas}$, lo cual indica que la determinación de los volúmenes de sedimentos que entran y/o salen de la playa establecen su estado de acreción o erosión.

Las fuentes fundamentales de aportes a la playa están dadas por:

- transporte longitudinal entrante
- transporte fluvial
- transporte normal entrante
- deposición biogénica
- transporte eólico entrante
- alimentación artificial de la playa.

Por su parte las pérdidas están ocasionadas por:

- transporte longitudinal saliente

- transporte normal saliente
- disolución o abrasión
- extracciones.

En el período estudiado independientemente de realizar perfiles transversales a la playa y comparar los estados iniciales con los sucesivos y los finales, la duración de la investigación no permite establecer cuantitativamente los volúmenes de sedimentos que por transporte sólido longitudinal y normal se alcanzan en este tramo de costa, No obstante por el estudio de posibles fuentes de aporte de sedimentos, el efecto de arrastre de las corrientes litorales y otros fenómenos dinámicos asociados a estos existe la certeza científica que las pérdidas por transporte longitudinal transversal son casi nulas, hecho fundamentado sobre los resultados derivados del trabajo con las imágenes aéreas, de ahí que las fuentes fundamentales de aporte de sedimentos a la playa y que se comprueban al analizar la composición granulométrica, la génesis y distribución de los mismos, permiten establecer que por orden volumétrico son:

- Restos de moluscos, corales, conchas y algas calcáreas.
- Foraminíferos.

Las pérdidas están determinadas principalmente por el mal manejo del tramo de costa y la acción antrópica.

La granulometría de la playa permite clasificarla como de arena media a fina, con un componente alto de sedimentos poco estables, en la franja que ocupa el estran de la playa, los que están derivados por la retroalimentación que la playa está teniendo de la duna, que de por sí posee la granulometría más fina.

En los perfiles de modo general se observa la presencia de escarpes erosivos, la aparición en algunos casos de rocas de playa y en la porción occidental de la parcela, la roca desnuda que da soporte a la playa, degradándose en este sentido hasta llegar al límite de la playa en esta dirección donde la actividad de

baño no es factible por las condiciones de erosión que presenta la playa sumergida.

El estrechamiento de los perfiles transversales en dirección Este-Oeste y la reducción de la franja de arena en la playa sumergida, así como la pérdida total de ésta en la primera mitad del perfil, son elementos suficientes para definir el estado actual de la franja de costa.

De todo lo anterior es deducible que estemos en presencia de una playa en erosión, y que sólo para garantizar la estabilidad del ecosistema es necesario la acción del hombre encaminada a restablecer las pérdidas que han ocasionado el mal manejo del tramo litoral y así recuperar la misma para dar uso con fines turísticos en lo adelante.

Cualquier solución rígida o semirígida de la costa en función del mejoramiento de la misma como zona de baño, deberá permitirnos intervenir de modo tal que las soluciones que posteriormente se deriven de este trabajo, no tendrán consecuencias extremas en la actividad sedimentaria de otros tramos de costa, en el sentido aguas abajo de la dirección del transporte neto, pues estamos en presencia de una zona altamente antropizada y de alta vulnerabilidad como sistema natural.

Condiciones ingeniero-geológicas de la playa.

En la playa se determinaron cuatro capas ingeniero geológicas las cuales fueron descritas como:

- Arena cienosa, de color gris claro, mezclada con material orgánico, tiene una potencia media de 1.98m.

- Eluvio de calcarenita, de color blanco-crema, representado por una arena-limosa, la arena de granos finos, mezclada con abundantes gravas de hasta 2.0-4.0cm de diámetro, se observan restos de conchas y caracoles. Presenta una potencia mínima de 0.75 m y máxima de 4.10m.
- Calcarenita, de color blanco crema, alterada, presenta conchas y caracoles, se recupera en diferentes formas, desde arena y fragmentos hasta pequeños testigos cuya longitud máxima alcanza 8.0cm presenta estratificaciones laminares, con intercalaciones de calizas de diferentes espesores, presenta potencias variables entre 0.20 y 0.60m
- Caliza de color blanco crema, con incrustaciones de restos fósiles mal conservados, se observa desarrollo de microcarso, manifestado en forma de pequeñas oquedades vacías y oxidadas de hasta 4.0 cm. de diámetro. Se extiende de manera homogénea en esta zona, su potencia no se determinó.

Características de los sedimentos de la playa

En la playa se hizo la toma de muestras y se realizaron ensayos de laboratorio a las mismas como se indica en el capítulo anterior, de la que se obtuvieron los datos siguientes:

Tabla 4. Propiedades físicas de la arena carbonatada biogénica (capa 2) de Playa La Jaula (sector afectado implicado en el proyecto de rehabilitación).

Punto del Perfil	Elemento de Muestreado	Granulometría		
		Gr	Arena	
			Gru	Me
P-1 B	Berma	-	-	78
P-1 S	Strand	-	-	32
P-1 PS	Playa Sumergida	-	-	4
P-2 B	Berma	6	-	13
P-2 S	Strand	-	-	16
P-2	Playa	-	-	2

PS	Sumergida			
P-3 B	Berma	-	-	32
P-3 S	Strand	-	-	16
P-3 PS	Playa Sumergida	-	-	4
M. Comp.	Berma- strand-ply.s.	-	-	12
	Valor promedio	-	-	21

Donde: Gr - grava; Gru - arena gruesa; Me - arena media; Fi - arena fina; Lim - limo; Gs - peso específico; P-1 - perfil 1; P-2 - perfil 2; P-3 - perfil 3; ply.s. - playa sumergida.

Cálculo del déficit de la playa.

Playa la jaula presenta un déficit de arena de 61 544,51 m³, se puede observar en el mapa real de la playa. (Ver anexo-3).

Alternativas analizadas para la recuperación de la playa.

1. Vertimiento.

El vertimiento de sedimentos en la playa sería lo más ideal para la regeneración de la playa, pero dada las características que en la actualidad tiene la dinámica costera en la zona, la cual controla la distribución de los sedimentos del área, en dos años ya la playa tendría el déficit de sedimentos que presenta en la actualidad.

2. Vertimiento sistemático.

Esta alternativa sugiere el vertimiento sistemático (cada dos años) del volumen de sedimentos necesarios para su mantenimiento, pero estos trabajos no son rentables tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

3. Rigidización de la costa y la alimentación artificial de la playa.

La playa La Jaula como bien se plantea en este trabajo se clasifica por su sustentación lateral, como una playa abierta. Ante una playa con dichas características se establecen tres condicionales de defensa y regeneración:

- Rigidizar la playa mediante obras que impidan el transporte de sedimento. (Ver anexo-8). Esta solución supone rigidizar la costa mediante diques o espigones perpendiculares u oblicuos a la costa, de forma que el mismo impida el transporte sólido litoral o longitudinal y permita una regeneración artificial de la misma. Naturalmente esta solución, requiere que su longitud de obra civil marítima sea superior a la mitad de la longitud del tramo a beneficiar. En nuestro caso esta longitud asciende a 120 m y su factibilidad estará condicionada por la presencia natural de un saliente rocoso en el extremo occidental de la playa. La obra propuesta es un dique tipo Arhems, dique de piedra cuya cobertura es casi total y además permite la proliferación de la flora y fauna marina.

- La segunda condición consiste en la creación de una duna, que preceda la existente y estabilice el deterioro de la primera.

- La tercera y ultima es el vertimiento artificial de arena, el cual requiere, una alimentación inicial de volúmenes apreciables, cuyos resultados son siempre mejores desde el punto de vista paisajístico y ecológico y casi siempre desde el punto de vista económico.

Estas soluciones o criterios para el mejoramiento de la franja costera deben basarse en una serie de consideraciones estéticas, sanitarias, de conservación, etc.

- Consideraciones estéticas: Las playas cubanas por lo general están constituidas por arenas de tipo biogénico, de color blanco, con formaciones de vegetación de costa arenosa típicas en los litorales. Este hecho establece de algún modo que las características de las playas sean similares en cuanto a su sedimentología y por ende existe el precepto de que la calidad de la playa esta primeramente sujeta a esta condición.

- Aspectos sanitarios: Por lo general las personas cuando visitan tramos del litoral que están confinados por diques u otras obras que rigidizan la costa y

establecen límites artificiales, tienden a pensar que los mismos son fácilmente contaminables o que sencillamente el intercambio de las aguas no es el suficiente para mantener condiciones óptimas de salubridad. Las playas abiertas y con notable influencia de marea mantienen buenas condiciones de intercambio y permiten que los contaminantes orgánicos sean solubilizados y/o degradados sin poner en peligro el uso de la playa con fines de baño.

Existen diversos criterios en cuanto a la granulometría que debe utilizarse para el vertimiento artificial de arena, lo cual primeramente está condicionado por la hidrodinámica de la región y el régimen anual de comportamiento del clima marítimo, como agente modelador de los procesos costeros. No obstante para garantizar la estabilidad de la arena y como no siempre se dispone de la arena de tamaño ideal, es necesario acudir a fuentes marítimas que están casi intactas, pero que tienen la desafortunada circunstancia de poseer un volumen de arena que no son ideales, es por tanto que se requiere calcular el volumen de vertimiento obteniendo primeramente un factor de sobrelleno, cuya relación y valor está dado por el volumen a inyectar a la playa y el volumen de la arena que para nuestras condiciones es casi inestable o poco útil, por lo que se calcula el volumen total a verter y se procede a la búsqueda de fuentes de préstamos.

Otros criterios a tener en cuenta para las soluciones, está dado en la tecnología constructiva de que se dispone, es cierto que el dique ideal sería aquel que su cota de coronación, estuviera por debajo del nivel mínimo de bajamar, el cual garantizaría que el sedimento proveniente del Este, encontrará un obstáculo que no permitiera su paso, lo cual sería suficiente para la regeneración del tramo, no obstante con la tecnología existente se propone un dique de escollera de altura de coronación de 0.40 m y ancho de corona de 2.50 m.

La evaluación de otras soluciones cuyos criterios podrían evaluarse, desde el punto de vista económico son muy costosas, nos referimos a diques utilizando elementos de hormigón monolítico y la utilización de arenas seminaturales, cuya localización, trituración, traslado y vertimiento son también en extremo costosas.

Por lo que se hace necesario la localización y evaluación de zonas de préstamo para la recuperación de la playa.

Prospección y exploración de las zonas de préstamo

Para dar solución a la búsqueda de posibles zonas de préstamo de arena para ser utilizadas en la recuperación de la playa se interpretaron las fotos aéreas existentes de la zona, donde se determinaron dos áreas las cuales fueron caracterizadas y evaluadas.

Posterior a la ubicación de las posibles áreas de préstamo, mediante el buceo se recopilaban al azar de las mismas muestras para realizar un análisis de la compatibilidad de los sedimentos. Los resultados se presentan en el epígrafe siguiente.

Los depósitos minerales estudiados constituyeron pequeños yacimientos sedimentarios según su escala y cantidad de reservas, constituido por materiales arenoso friables permanentemente inundados, influenciados por un régimen marino costero.

Presentan en común otras características o parámetros, que influyen en la determinación del sistema de explotación (extracción-acarreo-vertimiento). Estas son desglosadas a continuación:

- La *morfología* de estos cuerpos es continua en toda la superficie investigada limitada por el contorno interior, espacialmente semejan depósitos estratiformes o de mantos, que en función al ángulo de buzamiento (condiciones de yacencia) clasifican como horizontales muy suaves y de muy poca pendiente (rango de 0°-5°), y son catalogados según sus rangos de potencias como cuerpos medios, ya que presentan como generalidad valores entre 1.5 m y 4.0 m (ver las potencias medias de los bloques de cálculos en las Tablas 9 y 10). Se debe señalar que el Área Oriental presenta 4 bloques de los 9 calculados con potencias medias menores de 1.5 m (ver Tabla 10), por lo que puntualmente clasifica como un cuerpo fino.
- La *estructura interna* de los cuerpos es simple ya que no existen partes estériles (sectores sin arenas), es decir sólo aparecen arenas con características homogéneas en la totalidad de los volúmenes.
- La *variabilidad* es simple o sencilla, debido a que carecen de influencias en su morfología y composición por deformaciones plicativas (pliegues, rizaduras) y/o disyuntivas (fallas, grietas), manifestaciones magmáticas o dislocaciones cársicas, aunque en el Área Occidental puntualmente en el sector de influencia de la CA-3, según la interpolación de los datos de espesores de sedimentos y profundidad del techo de la roca (ver Anexos-3), se semeja una depresión, supuesta estructura cársica con paredes ligeramente escarpadas, rellena de sedimentos.
- Según el *grado de variabilidad* (amplitud de las variaciones en los valores observados del parámetro en cuestión) clasifican como cuerpos muy regulares.

Características Ingeniero-Geológicas.

El corte geológico generalizado para las dos áreas está compuesto por tres estratos coincidentes con las capas ingeniero-geológicas detectadas en todas las perforaciones, lo que evidencia la continuidad espacial. En las tablas 5 y 6 se observan los datos de las perforaciones en dichas capas.

Tabla 5. Datos de las perforaciones realizadas en el Área Occidental (Boca Cayo Toro).

Cala	Coordenadas		Espesores de capas (m)			Profundidad del techo de la roca (m)	Prof. Total (m)
	X	Y	Mar	A r e n a	Roca		
CA-1	746969.80	304203.22	1.70	1.85	0.20	-3.55	-3.75
CA-2	747004.26	304187.05	1.70	1.50	0.25	-3.20	-3.45
CA-3	747042.24	304168.95	1.40	2.70	0.25	-4.10	-4.35
CA-4	747081.38	304149.11	1.75	1.90	0.25	-3.65	-3.90
CA-5	747112.35	304134.52	1.75	1.90	0.30	-3.65	-3.95
CA-6	746913.69	304132.77	1.70	1.80	0.20	-3.50	-3.70
CA-7	746967.45	304121.09	1.70	1.80	0.30	-3.50	-3.80
CA-8	747008.35	304091.91	1.70	1.60	0.25	-3.30	-3.55
CA-10	747053.92	304065.64	1.40	1.90	0.30	-3.30	-3.60
CA-11	746809.69	304079.07	1.55	1.60	0.30	-3.15	-3.45
CA-12	746869.29	304055.14	1.55	1.85	0.30	-3.40	-3.70
CA-13	746923.63	304046.97	1.20	1.90	0.30	-3.10	-3.40
CA-14	746955.76	304010.19	1.15	2.20	0.30	-3.35	-3.65
CA-15	746993.76	303985.83	1.40	1.90	0.30	-3.30	-3.60
CA-16	746962.77	304229.07	1.70	1.90	0.20	-3.60	-3.80
		Total	23.35	28.30	4.00	m=-3.43	55.65

**Tabla 6. Datos de las perforaciones realizadas en el Área Oriental
(Canalizo Ginebra).**

<i>Cala</i>	Coordenadas		Espesores de capas (m)			Profundidad del techo de la roca (m)	Prof. Total (m)
	X	Y	Mar	<i>Arena</i>	Roca		
CA-1	751873.84	301793.62	1.30	1.20	0.30	-2.50	-2.80
CA-2	751824.24	301689.75	1.60	1.50	0.40	-3.10	-3.50
CA-3	751909.18	301537.60	1.72	2.05	0.30	-3.77	-4.07
CA-4	752006.03	301697.90	1.38	1.75	0.25	-3.13	-3.38
CA-5	751901.76	301690.35	1.62	1.20	0.30	-2.82	-3.12

CA-6	751844.44	301720.60	1.40	1.40	0.30	-2.80	-3.10
CA-7	751860.43	301743.85	1.40	1.40	0.25	-2.80	-3.05
CA-8	751868.57	301772.76	1.35	1.30	0.30	-2.65	-2.95
CA-9	751939.06	301742.04	1.30	1.60	0.25	-2.90	-3.15
CA-10	751980.28	301659.66	1.65	1.80	0.30	-3.45	-3.75
CA-11	751955.09	301621.69	1.58	1.90	0.20	-3.48	-3.68
CA-12	751930.36	301585.07	1.52	2.00	0.30	-3.52	-3.82
CA-13	751863.50	301619.39	1.50	1.80	0.30	-3.30	-3.60
CA-14	751900.14	301630.83	1.55	1.50	0.30	-3.05	-3.35
CA-15	751898.65	301729.52	1.50	1.20	0.25	-2.70	-2.95
		Total	22.37	23.60	4.30	m = -3.06	50.27

Estas capas son descritas a continuación:

Capa 1: agua de mar con buena transparencia. Esta capa presenta espesores (profundidad instantánea sin corrección de marea) que oscilan entre 1.15 m (CA-14) y 1.75 m (CA-4, CA-5) para el Área Occidental y entre 1.30 m (CA-1, CA-9) y 1.72 m (CA-3) para el Área Oriental, con valores medio de 1.64 m y 1.49 m respectivamente.

Capa 2: arena carbonatada biogénica de color blanco crema y crema claro, inodora, sólo se le detectó olor fétido en la CA-16 del Área Occidental por la presencia de materia orgánica vegetal en descomposición, saturada de acuerdo a los criterios para evaluar la condición de humedad, de granulometría fina con porcentaje entre el 67 % y 70 % (ver Tablas 6, 7, y 8), compuesta por partículas de formas que van desde sub-angulosas a redondeadas y por restos esqueléticos orgánicos en distintos grados de conservación, principalmente conchas de moluscos y algas calcáreas. Atendiendo al N_{SPT} la compacidad predominante de la arena es media, aunque puntualmente alcanza valores extremos que clasifican como baja o muy alta, asimismo ocurre con la densidad relativa que como generalidad se comporta como media densa, y puntualmente suelta o muy densa. Esta capa posee espesores que oscilan en el Área Occidental entre 1.50 m (CA-2) y 2.70 m (CA-3) y en el Área Oriental entre 1.20 m (CA-1) y 2.05 m (CA-3), con valores promedios de 1.88 m y 1.57 m respectivamente. Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

(SUCS) el material de las áreas de préstamos se agrupa como una arena mal graduada con limo (SP-SM) y el de Playa La Jaula como una arena mal graduada (SP).

Los rangos de velocidad de caída libre para los diferentes tamaños de partículas se comporta de la siguiente manera: para las gravas y las arenas gruesas superior a los 0.12 m/s; en las arena media de 0.12 m/s a 0.10 m/s; en las arena fina de 0.09 m/s a 0.07 m/s; y en los limos menores de 0.07 m/s.

Capa 3: roca biocalcarenita que transiciona puntualmente a calcarenita, color blanco crema y crema claro, aunque en los primeros centímetros del techo aparece un casquete o caliche de color gris y de mayor dureza que el resto (muy alta). Compuesta por restos orgánicos en distintos grados de conservación y arenas cementadas por carbonatos. La superficie o techo de la capa es irregular y presenta oquedades cársticas de hasta 0.20 m de diámetro y profundidades de hasta 0.30 m, aunque no se descarta la posibilidad de huecos mayores.

Teniendo en cuenta algunos aspectos medioambientales es de señalar, que ninguna de las dos áreas presenta formaciones vegetales que puedan ser destruidas por el proceso minero. Según su posición geográfica en las inmediaciones de desembocaduras de canales y canalizos (zona central de la plataforma), donde inciden corrientes de flujo y aflujo de energía moderada-baja, las excavaciones provocadas por la extracción del material arenoso, pueden recuperar naturalmente una morfología suave mediante una nivelación muy lenta y la acumulación de volúmenes de material terrígeno-biogénico a mediano y largo plazos (entre 3 y 10 años o más), debido a la acción constante de las corrientes marinas, principalmente el área ubicada en las inmediaciones de Boca Cayo Toro.

A continuación se ofrecen los datos de los sedimentos de las posibles áreas de préstamo:

Tabla 7. Propiedades físicas de la arena carbonatada biogénica
(capa 2) del Área Occidental.

Cala	Intervalo de Muestreo (m)	Granulometría (%)		
		Gr	Arena	
			Gru	Me
CA-1	-2.65 a - 3.55	3	4	15
CA-2	-1.50 a - 1.90	-	-	7
CA-2	-2.30 a - 3.20	8	9	28
CA-3	-3.20 a - 4.10	9	4	17
CA-4	-2.75 a - 3.65	4	5	18
CA-5	-2.75 a - 3.65	9	7	18
CA-6	-2.60 a - 3.50	3	5	17
CA-7	-2.60 a - 3.50	6	3	16
CA-8	-2.40 a - 3.30	3	3	11
CA-10	-2.40 a - 3.30	16	9	15
CA-11	-2.25 a - 3.15	3	4	17
CA-12	-2.50 a - 3.40	2	2	17
CA-13	-2.20 a - 3.10	-	1	24

CA-14	-2.45 a - 3.35	3	3	14
CA-16	-2.70 a - 3.60	8	5	6
Valor promedio		5	4	16

Donde: Gr - grava; Gru - arena gruesa; Me - arena media; Fi - arena fina; Lim - limo; Gs - peso específico.

Tabla 8. Propiedades físicas de la arena carbonatada biogénica (capa2) del Área Oriental.

Cala	Intervalo de Muestreo (m)	Granulometría (%)		
		Gr	Arena	
			Gru	Me
CA-1	-1.60 a - 2.50	-	1	8
CA-2	-2.20 a - 3.10	5	7	13
CA-3	-2.87 a - 3.77	9	7	13
CA-4	-2.23 a - 3.13	4	4	14
CA-5	-1.92 a - 2.82	9	5	10
CA-7	-1.90 a - 2.80	3	4	10
CA-9	-2.00 a - 2.90	1	8	14
CA-	-2.60 a -	5	11	16

11	3.48			
CA-13	-2.30 a - 3.20	4	9	15
CA-14	-2.10 a - 3.00	1	6	9
Valor promedio		4	6	13

Donde: Gr - grava; Gru - arena gruesa; Me - arena media; Fi - arena fina; Lim - limo; Gs - peso específico.

Análisis de la compatibilidad de los sedimentos.

Dado que los sedimentos de las zonas de préstamos y la playa coinciden en su génesis, los cuales son de origen biogénico, formados por restos de moluscos, foraminíferos, algas calcáreas, bioclastos, materia orgánica y escafópodos (de la Paz .O.1994, ENIA 20003), se definen una serie de parámetros (ver tabla 9) para analizar su compatibilidad los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 9. Elementos establecidos para definir la compatibilidad de sedimentos.

Elementos	Playa la Jaula	Boca Cayo Toro	Canal de Ginebra
Dtro real	0,446125	0,5005	0,538625
Dtro u-Phi	1,591281	1,653769	1,626149
Cfte.asimetría	- 0,640429	- 0,529047	0,772425
Curtosis	0,7111	0,900426	1,216289
Desv.estándar	1,0361	1,3352	1,3484

Según las Normas Cubanas, NC: 20:1999, la granulometría de las zonas de prestamos y la playa son compatibles en cuanto su distribución, clasificando como arenas mal graduadas y con predominio de la fracción de arenas finas, por lo que Playa La

Jaula puede ser recuperada con los sedimentos de ambas zonas de préstamo.

Resultados de los Cálculos de reservas

A continuación se ofrecen los resultados de las reservas en categoría de probada (según Ley N° 76 Ley de Minas), calculadas para bloques geológicos independientes y para las áreas totales investigadas, atendiendo al volumen del material arenoso en estado natural (ver Tablas 10 y 11). Sin incluir en estos datos el coeficiente de esponjamiento (k_e), aunque fueron detectados durante los trabajos de campo con la arena saturada, el mismo oscila entre 1.5 y 1.7.

El Área Occidental es la mayor de las dos investigadas, consta de 28259.19 m² (2.83 Ha) de superficie (según datos ofrecidos en la Tabla 10) figurando un rombo y fueron estudiado 35913.64 m² (3.59 Ha), presenta un material con potencia media de 1.86 m para los bloques de cálculo que reporta un volumen total de 66424.93 m³.

Tabla 10. Datos resumen utilizados para el cálculo de reservas en el Área Occidental.

Bloques Geológicos	Calas (CA) Integrantes	Potencia Media del Bloque (m)	Área por Bloque (m²)	Volumen por Bloque (m³)
I	1, 2, 16	1.75	388.56	679.98
II	1, 2, 7, 6	1.74	3655.48	6360.53
III	2, 3, 8, 7	1.90	3655.63	6945.69
IV	3, 4, 8	2.07	1843.86	3816.79
V	4, 5, 10, 8	1.82	3755.40	6834.83
VI	6, 11, 12	1.75	2844.62	4978.08
VII	6, 7, 12, 13	1.84	4538.83	8351.45
VIII	7, 8, 13, 14	1.87	4435.05	8293.54
IX	8, 10, 14, 15	1.90	4081.90	7755.61
X	12, 13, 14	1.98	868.06	1718.76
XI	11, 6, 1, 16	1.79	4662.65	8346.14

XII	16, 2, 3, 4, 5	1.98	1183.60	2343.53
	Total	PM = 1.86	35913.64	66424.93

Donde: PM - potencia media del Área Occidental para los bloques de cálculo.

El Área Oriental presenta una superficie de 21026.04 m² (2.10 Ha) figurando un rombo (según datos ofrecidos en la Tabla 10), estudiándose 21995.17 m² (2.20 Ha), y posee además una potencia media de 1.53 m para los bloques de cálculo que reportan un volumen de 33734.04 m³ (ver Tabla 11).

Tabla 11. Datos resumen utilizados para el cálculo de reservas en el Área Oriental.

Bloques Geológicos	Calas (CA) Integrantes	Potencia Media del Bloque (m)	Área por Bloque (m²)	Volumen por Bloque (m³)
I	1, 8, 9, 15	1.33	1878.12	2497.90
II	4, 5, 9, 15	1.44	3364.95	4845.53
III	4, 5, 10	1.58	1896.44	2996.38
IV	5, 10, 11, 14	1.60	3519.96	5631.94
V	11, 12, 14	1.80	1119.15	2014.47
VI	3, 12, 13, 14	1.84	2961.55	5449.25
VII	2, 5, 14, 13	1.50	3820.07	5730.11
VIII	6, 15, 5, 2	1.33	2265.26	3012.80
IX	6, 7, 8, 15	1.33	1169.67	1555.66
	Total	PM = 1.53	21995.17	33734.04

Donde: PM - potencia media del Área Oriental para los bloques de cálculo.

Debe tenerse en cuenta que los valores obtenidos pueden disminuir por pérdidas y diluciones en el orden del 3 % al 5 %, de acuerdo a la superficie irregular que presenta el techo de la roca (capa 3), la tecnología que se utilice para la explotación y el método de extracción-acarreo-vertimiento del material arenosos propiamente dicho.

Análisis ambiental.

Hipótesis de los impactos ambientales:

Esta hipótesis integra el conjunto de impactos que la gestión la ejecución de este proyecto puede tener sobre la salud humana, los recursos vivos, la vida marina, usos recreacionales, las características físicas y químicas del medio marino, etc., así como su escala temporal y espacial.

Los principales impactos generados por estas acciones pueden ser:

- Variación geomorfológica de las zonas de dragado y vertimiento
- Aumento del Gasto de intercambio intermareal
- Redistribución de los sedimentos no consolidados
- Aumento temporal de los niveles de ruido
- Alteración de los patrones del comportamiento habitual de las especies del área.
- Aumento de los sólidos en suspensión en el área de vertimiento.
- Aumento del riesgo de accidentes laborales.
- Aumento del estrés en las poblaciones marinas presentes.

Consideraciones para mitigar los impactos negativos del proyecto.

Estas condiciones son aquellas que de algún modo minimizan algunos impactos negativos, independientemente de su significación espacial o temporal, atemperando de esta manera su grado.

Las actividades de dragado, por su tipología y ejecución no poseen excepto a lo que a la pobre fauna se refiere, impactos negativos en los que deban considerarse condiciones especiales, no obstante la ejecución y acción del vertido si debe considerar algunas condicionales, dada la presencia de barreras coralinas relativamente cercanas a las zonas de trabajo.

Entre estas consideraciones desde el punto de vista hidrodinámico, el vertimiento debe realizarse bajo las siguientes condiciones:

- No se realizara vertimiento en condiciones climáticas adversas, entiéndase por ello en presencia de sistemas frontales, ondas tropicales, ciclones tropicales u otros eventos meteorológicos de carácter moderado o severo.
- No se podrá realizar vertimientos en caso de presencia de hidrocarburos en el agua u otras sustancias no solubles.
- El periodo de vertido debe ajustarse al bombeo del material de relleno, iniciando la gestión por el extremo Este del tramo a recuperar de modo tal que el sedimento que pueda desplazarse longitudinalmente a la costa ocupe áreas erosionadas y no exista una sobre-acumulación en el sector opuesto, aun más si se considera que el dique propuesto es por la longitud proyectada un dique de rebase.
- El vertimiento se realizara en dos etapas: una inicial que comprenda la zona ocupada por la parte inferior de los escarpes erosivos, sin cubrir el Estran de la playa y una segunda que se extienda hasta cubrir la mitad de la longitud erosionada de la playa sumergida.

Desde el punto de vista biológico, evitando el efecto de la acumulación excesiva de los sedimentos finos que forman parte del material de relleno y que son dinámicamente inestables, las labores de vertido no se realizaran con oleajes superiores a los 0.50 m, aunque ello no imposibilite la operacionalidad de los medios marítimos.

Localmente, el impacto biológico puede reducirse teniendo en cuenta las variaciones temporales periódicas de marea, atemperando las operaciones de vertido.

Programa de vigilancia ambiental durante las operaciones y posteriores a estas.

Para tener controlados los impactos ambientales y las acciones para mitigar estos se establecen los programas de vigilancia ambiental, los cuales se dividen en dos etapas, primeramente se establecerá un programa de vigilancia ambiental durante la gestión de la obra, que incluye:

- La garantía que la descarga del material a verter, se realiza dentro de los límites de la zona establecida y con los medios previstos.
- Asegurar que la descarga se realiza en los plazos y forma descrita en el proyecto ejecutivo, en correspondencia con las condiciones que permitan la minimización de los impactos ambientales significativos.
- Evaluación y monitoreo de la zona marina adyacente, con la determinación de sólidos en suspensión, características ópticas del agua de mar, turbidez, etc.
- Comprobación de la efectividad de las obras hidrotécnicas inducidas y de la estabilidad del material vertido, de acuerdo a los estudios realizados.

El programa de vigilancia ambiental a mediano y largo plazo esta conformado de modo tal que permita conocer y evaluar:

- Efectividad de las operaciones de vertido en la zona de playa y de la funcionalidad del resto de las obras.
- Determinación del establecimiento de perfil medio resultante de la playa, el que se realizará mediante levantamiento de perfiles topo-batimétricos y determinación de los espesores de sedimentos a lo largo del perfil
- Estabilidad de las obras hidrotécnicas de acuerdo a los estudios realizados y comprobación de los modelos matemáticos de estabilidad.
- Monitoreo semestral de los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua marina adyacente y de la zona arrecifal, durante un periodo no menor a 5 años, a partir de los cuales se establecerá otro muestreo.
- Determinación del efecto de la gestión en la costa, en aquellas zonas que anteceden y preceden el sector beneficiado.

Calculo de los costos totales.

En términos económicos, teniendo en cuenta el objetivo de nuestro trabajo y las características de nuestra materia prima, es ilógico hablar sobre costo de producción de esta ya que es

necesario evaluar factores naturales y socio-económicos, aunque es ineludible reflejar el elevado costo de extracción y empleo de la misma.

- El costo de la operación de dragado de 100 m³ de arena es aproximadamente \$ 1044,07.
- Recuperar 1 m² de arena para las condiciones dada es de \$400.

Este proyecto para realizarlo constó de una serie de recursos materiales y humanos para los cuales se realizó un cálculo de los costos totales del mismo los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 12.Cálculo de los costos totales.

Elementos de Costos	Total	M.N.	M.L.C
Costo de la Mano de Obra Directa	20490.78	20490.78	0.00
Costo Indirectos de Producción	7144.49	7144.49	0.00
Gastos de Dirección y Administración	9486.94	9486.94	0.00
Amortización Directa	866.68	866.68	0.00
Amortización de Equipos Geod.	0.00	0.00	0.00
Amortización de Medios	31.47	31.47	0.00
Amortización de Medios de Computación	835.21	835.21	0.00
Otros Costos de Elaboración	775.86	289.86	486.00
Mtto del Transporte	183.03	179.03	4.00
Mtto de Medios de computación	116.83	110.83	6.00
Dietas de hospedaje	0.00	0.00	0.00
Dieta de alimentación	0.00	0.00	0.00
Alimentación	476.00	0.00	476.00
Peaje	0.00	0.00	0.00
Gasto de Materiales	3321.23	625.33	2695.91
-Materias Primas	703.53	172.06	531.48
-Lubricantes	1.60	0.00	1.60

-Diesel	1797.33	0.00	1797.33
-Impresión de fotos aereas	0.00	0.00	0.00
-Gasolina regular	231.00	0.00	231.00
-Electricidad	120.00	10.00	0.00
-Insumos de Computación	147.77	43.27	104.50
-Adquisición de Bibliografía y fotocopias	430.00	400.00	30.00
Costo Empresa	42085.98	38904.07	3181.91
Margen de Utilidad hasta (15%)		-	-
Masa de Ganancia		5835.61	-
Por ciento del Gasto en U.S.D. (9%)		-	53.15
Gasto total U.S.D.+ (hasta 10 %)		-	
Precio de Empresa	47974.74	44739.68	3235.06
Capitalización Recapitalización (hasta 4% valor Total)		-	1918.99
Precio Empresa +Capitalización	49893.73	44739.68	5154.05
Subcontrataciones	36265.00	33460.00	2805.00
Alquiler de Embarcación	25740.00	23760.00	1980.00
Cartografía Digital	4925.00	4500.00	425.00
Batimetria	5600.00	5200.00	400.00
PRECIO TOTAL	86158.73	78199.68	7959.05

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los trabajos geológicos realizados en la zona de Playa La Jaula permitieron alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo de diploma y arribar a importantes conclusiones y recomendaciones, las cuales se exponen a continuación:

Conclusiones

- ❖ Playa La Jaula constituye una UFI y la misma ha sido clasificada por sus características como una playa abierta atendiendo a su sustentación lateral.
- ❖ Playa La Jaula presenta una elevada erosión hacia su parte occidental debido principalmente a la acción antrópica.
- ❖ La regeneración de Playa La Jaula necesita la acción del hombre.
- ❖ Se determinaron dos áreas de préstamo (occidental y oriental), las cuales sus sedimentos son compatibles con los de la playa y poseen reservas suficientes para recuperar la misma.

Recomendaciones

- ❖ Que Playa La Jaula sea recuperada aplicando el Método de Rigidización de la costa y la alimentación artificial de la playa.

- ❖ Que sea generalizado este estudio en otras áreas de la región y el país donde existan situaciones similares a la de Playa La Jaula.
- ❖ Que sea empleado la propuesta del programa de vigilancia ambiental para mitigar dichos efectos.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda, la utilización de la arena de las zonas de préstamo.
- ❖ Continuar el monitoreo de la playa, durante los meses de junio a agosto (perfil de bonanza) y de diciembre hasta febrero (perfil de invierno).
- ❖ No pasar por alto el programa de vigilancia ambiental.
- ❖ Ejecutar las tareas de dragado y vertido en condiciones no adversas del tiempo.

BIBLIOGRAFIA.

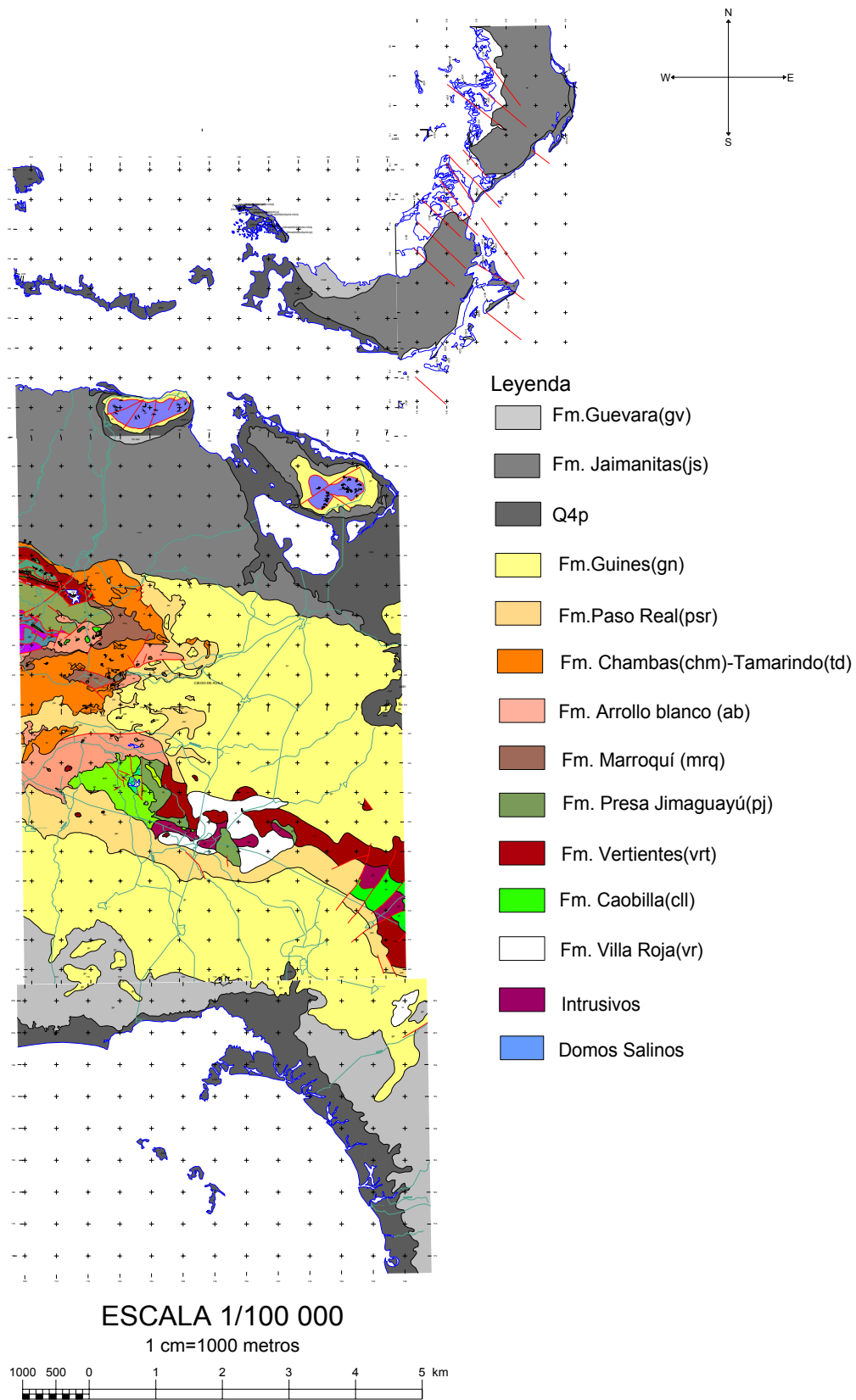
- Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (1990):
- Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos. Cayos Guillermo, Coco y Paredón. Editorial Científico - Técnica.
- Academia de Ciencias de Cuba e Instituto de Geología y Paleontología (1985): Mapa Geológico de Cuba a Escala 1:250 000, Hoja 21 (F 17-12). Editado por la Academia de Ciencias de la URSS.
- Acevedo, M (1980): Geografía Física de Cuba. Tomo I. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.
- Andrade, C; L. Sayrera; A. Sanjuan y C. Alonso (1985): Cálculo del período de iniciación de la corrosión en ambientes contaminados de cloruros. 7 pp.
- Biczók, I (1981): Corrosión del hormigón y su protección. URMO, S.A. Ediciones Bilbao. España.
- Borhidi A. y Muñiz O. 1986. The Phytogeographic survey of Cuba. II Floristic relationships and phytogeographic subdivision. Acta Botanica Hungarica 32 (1-4), pp 3 – 48.
- Clarke, G (1972): Elementos de Ecología. Ediciones Revolucionaria. Ciudad de La Habana Cuba. p. 70 –75.
- Departamento Provincial de Demografía (1997): Publicación 27. Oficina Nacional de Estadística. Ciego de Avila.

- de Zayas, F. (1974): Entomología cubana III. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, 128 pp.
- de Zayas, F. (1981): Entomología cubana VI. Editorial. Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, 111 pp.
- de Zayas, F. (1988): Entomología cubana. VII. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, 261 pp.
- ENIAMAR 1993): Estudio Litoral de Cayo Coco [inédito]. ENIA. Ciudad de La Habana. Cuba. 20 pp.
- Empresa GEOCUBA Ciego de Ávila (1999): Ordenamiento Ambiental “Laguna Tiburón”.
- Empresa GEOCUBA Ciego de Ávila (2003): Ordenamiento Costero de las parcela hoteleras Coco II y III.
- Espinosa, J.C y A. Morales (1993): “Cayo Coco. Tierra de leyendas y proezas laborales”. [inédito]. Museo Municipal. Morón.
- Enciclopedia Salvat de la Salud (1985): Salud y Medio Ambiente. Tomo 4. O.M.S. 300 pp.
- Ganong, W.F. (1982): Fisiología Médica. 8^{va} Edición. Editorial El Manual Moderno S.A. México. 660 pp.
- Genaro, J.A. y J.L. Fontenla (1995): Carta informativa de los investigadores de invertebrados de Cuba. Cocuyo. 331 pp.
- García-Cardoso, G. (1985): Geología Estructural. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana.
- Guigou, C (1995): Un caso de patología en el hormigón armado afectado por cloruros.
- III Congreso de Patología de la Construcción. Editorial Academia. Ciudad de La Habana. Cuba.

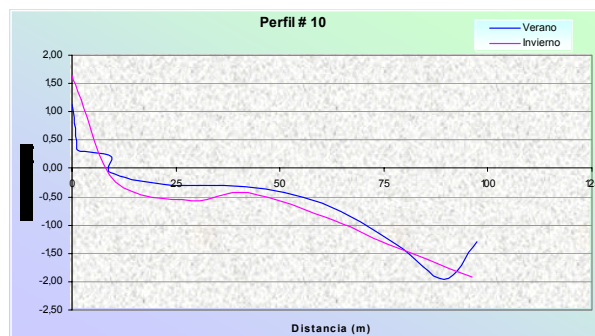
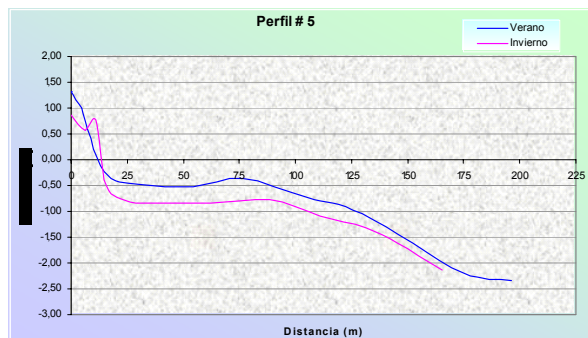
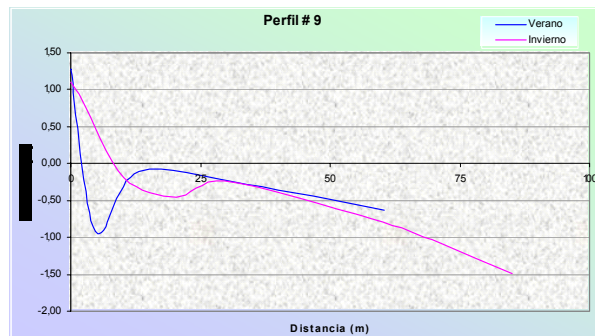
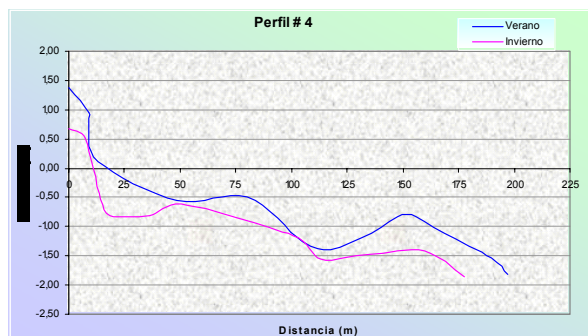
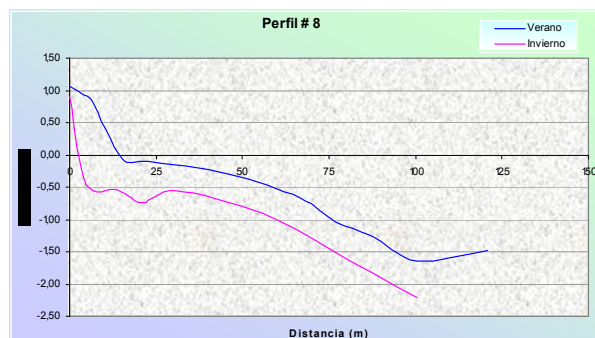
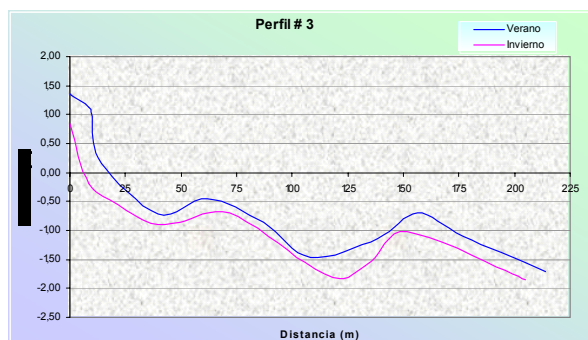
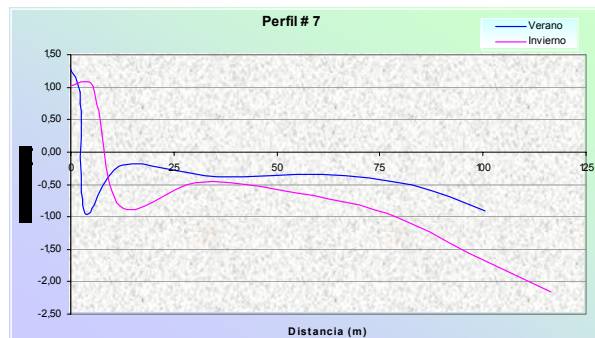
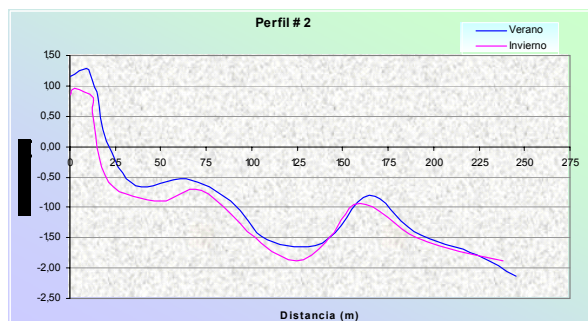
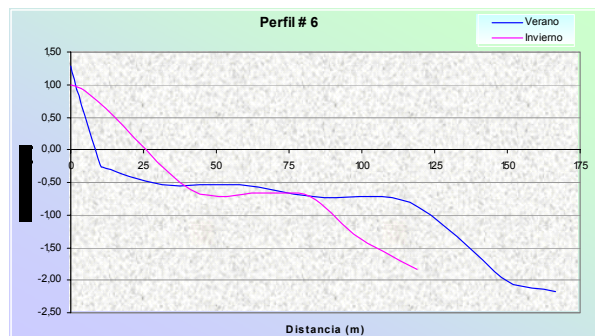
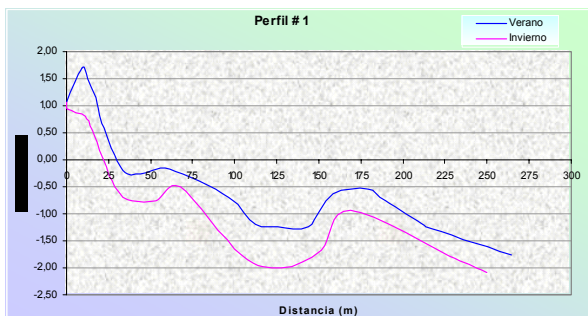
- ***Instituto de Geografía (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Impreso en el Instituto Geográfico Nacional de España. Madrid.***
- Instituto de Geología y Paleontología (1992): Léxico Estratigráfico de Cuba. Ciudad de la Habana.
- *López, C; O. Cuesta; P. Sánchez; González y Liset Maldonado (1994): Estudio de los factores meteorológicos y químicos - atmosféricos en cayo Coco, para su aplicación a las actividades turísticas, el termalismo y la protección del medio ambiente. Composición química y contaminación del aire y la lluvia [inédito]. Ciudad de La Habana. p. 112-147.*
- Maldonado Liset y O. De la Paz (1996): Caracterización del medio marino y atmosférico en la cayería norte de Ciego de Ávila y su influencia en la durabilidad de las construcciones [inédito]. CIEC. Cayo Coco. Cuba. 11 pp.
- Mateo, J. (1984): Apuntes de Geografía de los paisajes. [inédito]. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana. Ciudad de La Habana.
- Mendoza, A. y F. Corvo (1995): La corrosión, factor de importancia en el diseño y protección de obras. III Congreso de Patología de la Construcción. Editorial Academia. Ciudad de La Habana. Cuba.
- NC-19-01-04 (1980): Requerimiento general higiénico sanitario.
- NC-54-310 (1985): Materiales productos de la construcción. Agua. Determinación de su agresividad sobre el hormigón. 8 pp.
- NC xx: (1999): Atmósfera, ruidos en zonas habitables.
- Rodríguez, V. (1991): Investigaciones Hidrogeológicas de cayo Coco [inédito]. Centro de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos. Ciego de Ávila.

Anexo-1

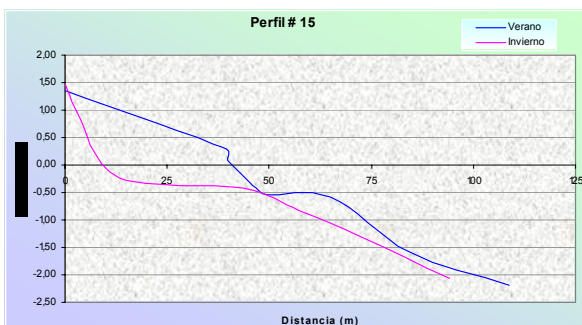
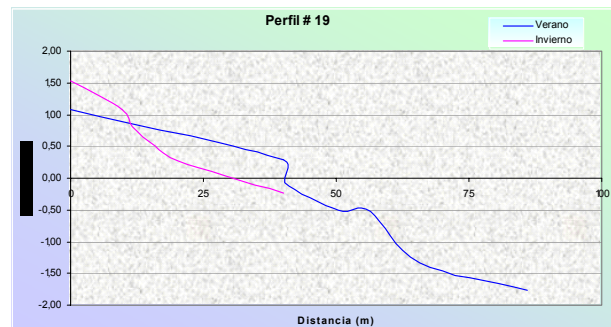
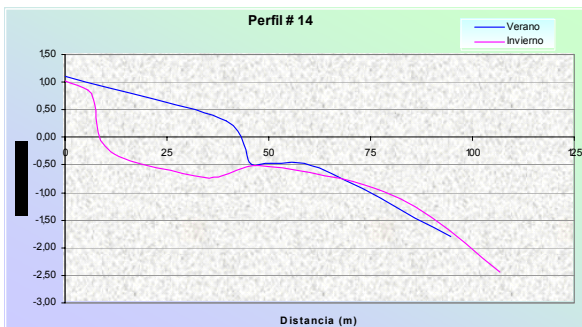
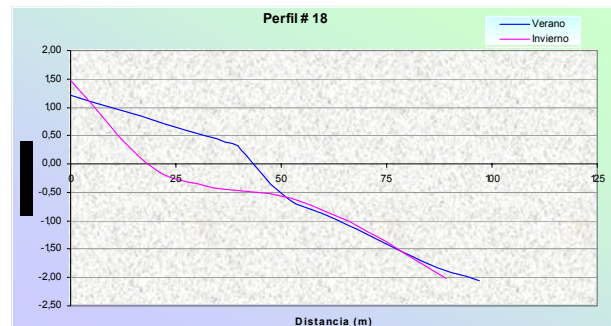
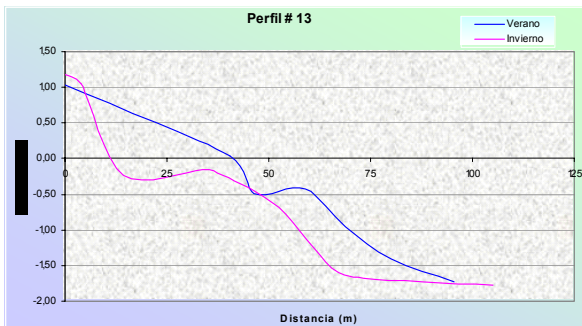
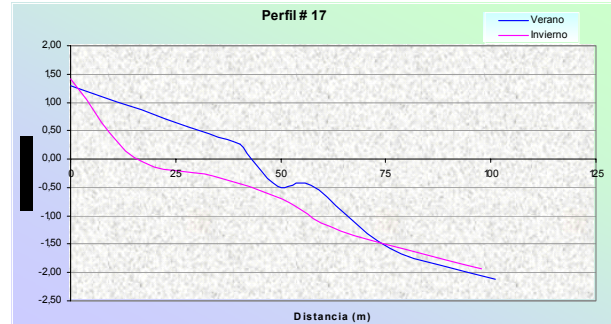
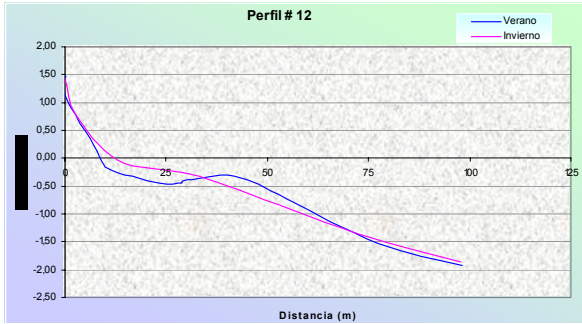
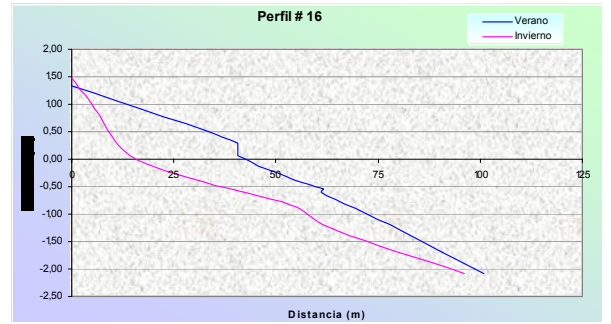
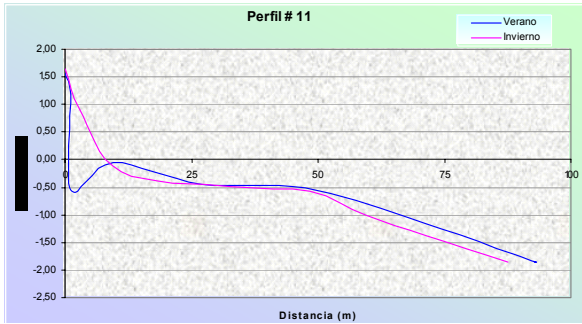
Mapa Geologico de Ciego de Avila



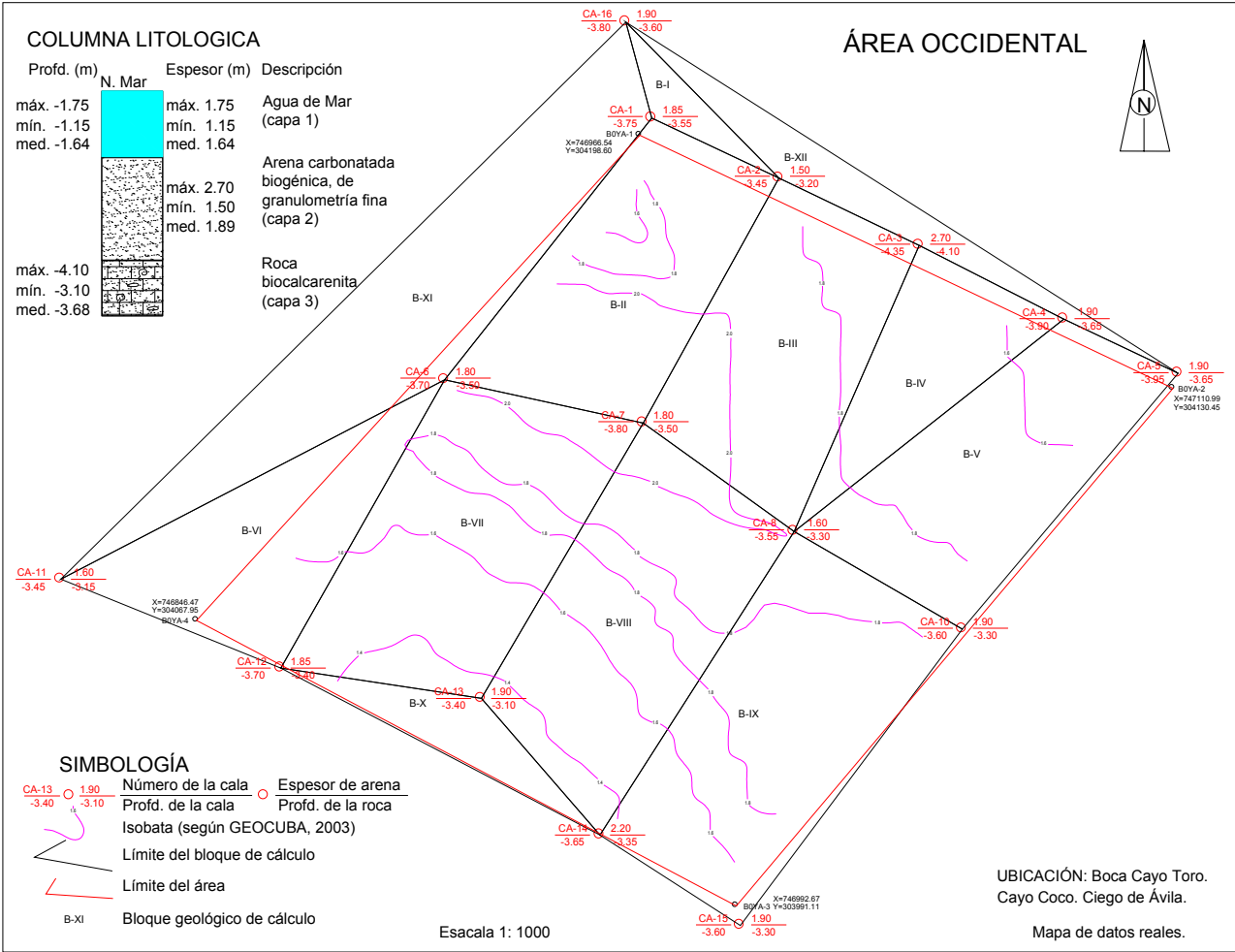
Anexo-2



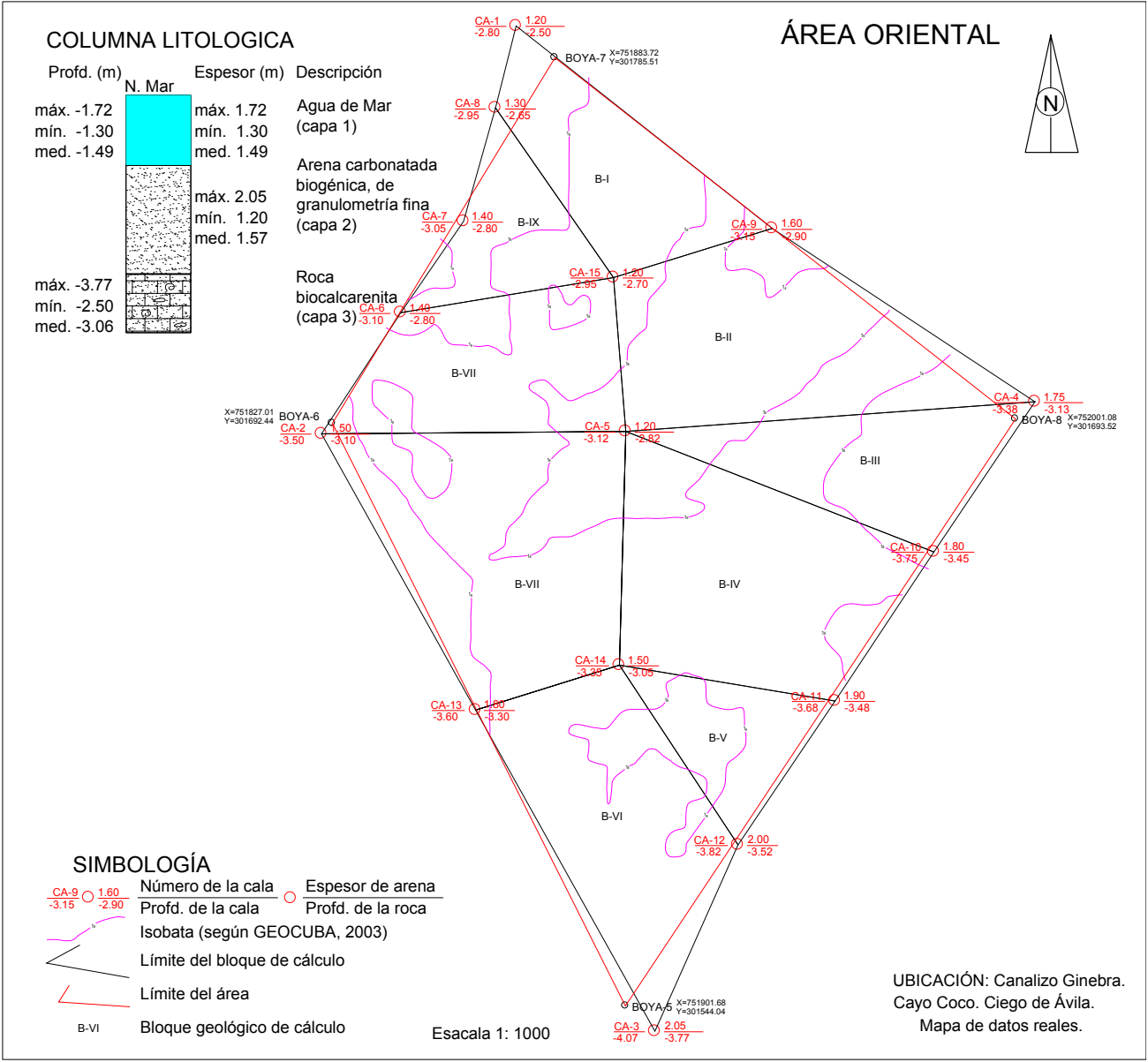
Anexo-2.Continuación



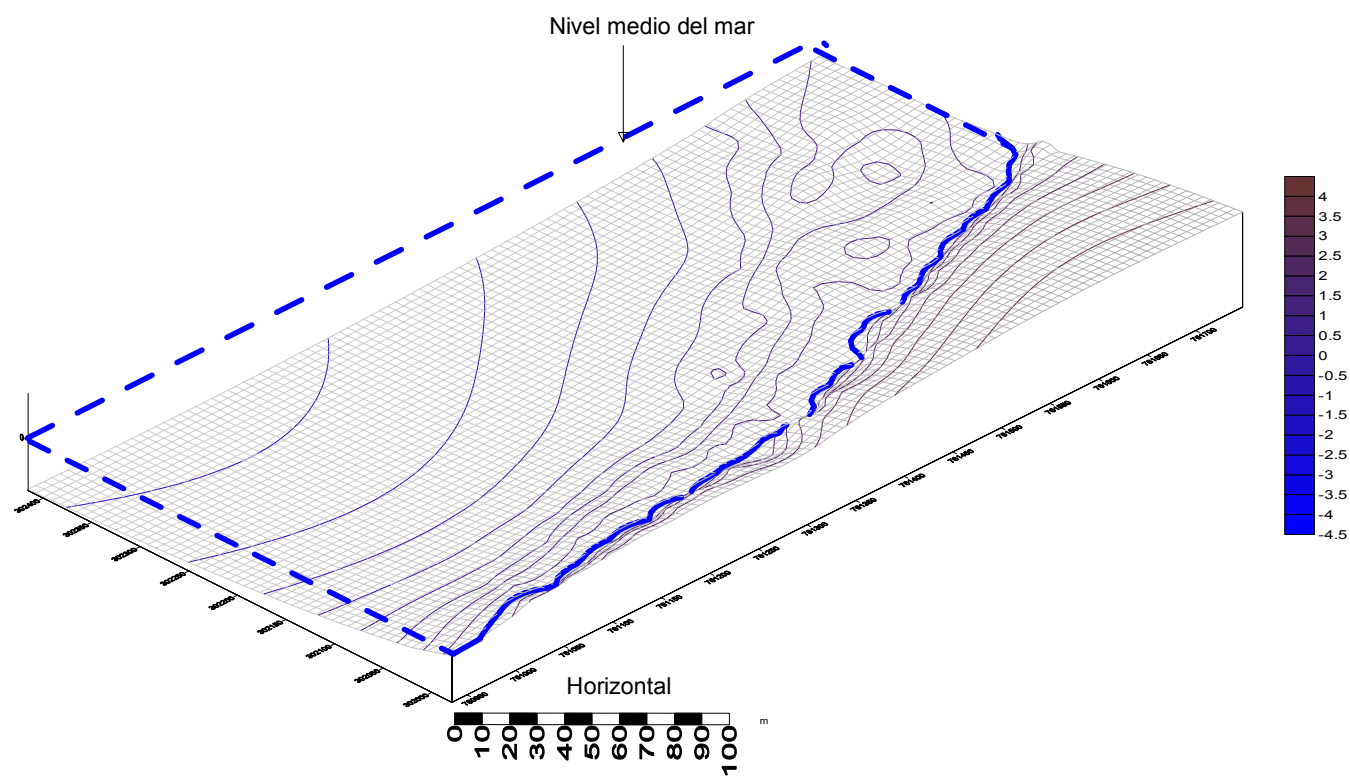
Anexo-3: Mapa de datos reales. Área Occidental.



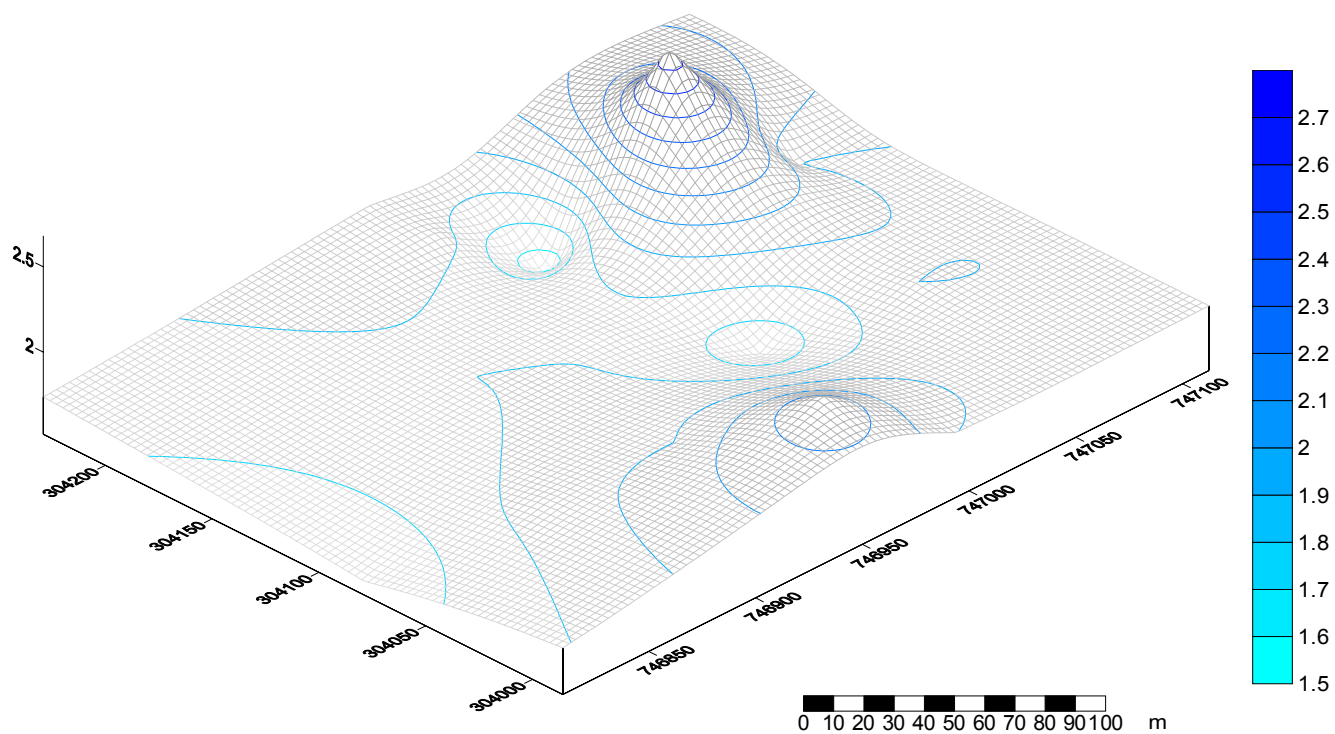
Anexo-4: Mapa de datos reales. Área Oriental.



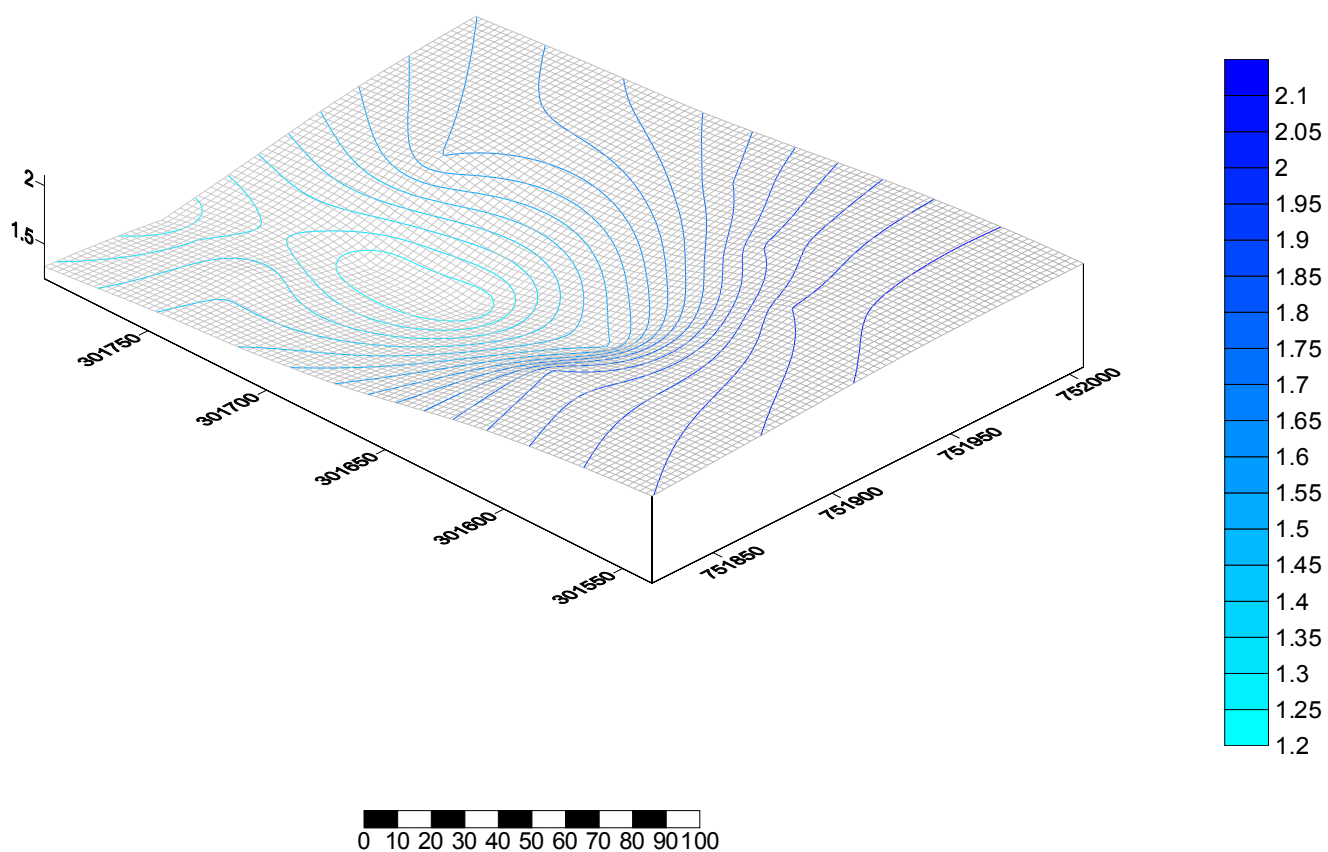
Anexo-5: Mapa real de la playa.



Anexo-6: Morfología de la superficie del área occidental.

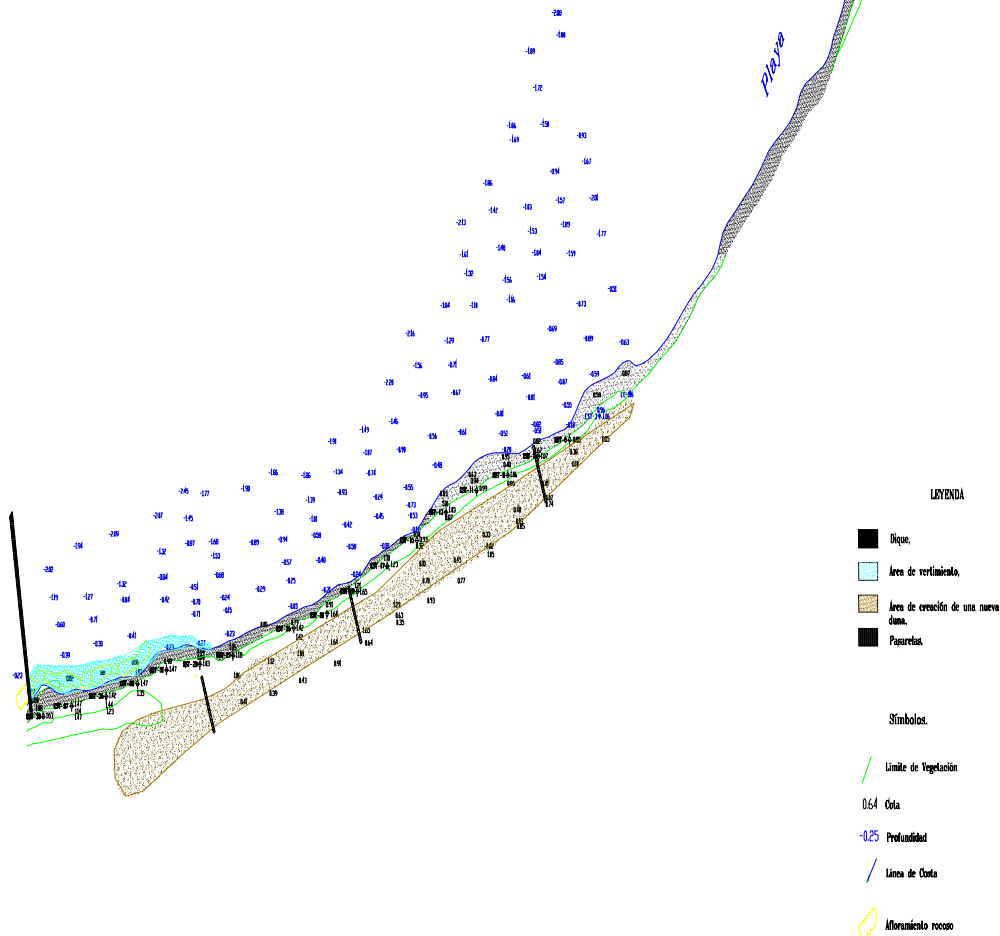


Anexo-7: Morfología de la superficie del área oriental.



Anexo-8 : Esquema de la playa

MAPA DE LA ZONA DE VERTIDO EN PLYA LA JAULA





18 9 2003



18 9 2003



18 9 2003



18 9 2003



18 9 2003