



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CENTRO ECO - TURISTICO EN  
COZUMEL, QUINTANA ROO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A N:**

**SERGIO LAGUILETA GUTIERREZ  
ALEJANDRO HERRERA CANSECO**

**DIRECTOR: M. I. HUGO S. HAAS MORA**



**MEXICO, D. F.**

**2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FAACD 01/2002 (19/01) PRESIDENCIA



## CENTRO ECO - TURÍSTICO EN COZUMEL, QUINTANA ROO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL  
ÁMBITO DE LA ECOLOGÍA Y EL TURISMO, PRESIDENCIA

- **SERGIO AGUILETA GUTIÉRREZ.**
- **ALEJANDRO HERRERA CANSECO.**

DIRECTOR: M. I. RUBÉN S. HAAS MORA

MÉXICO D.F. 2002



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/024/02

Señores  
SERGIO AGUILETA GUTIERREZ  
ALEJANDRO HERRERA CANSECO  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. HUGO SERGIO HAAZ MORA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"CENTRO ECO-TURÍSTICO EN COZUMENL, QUINTANA ROO"**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. PROYECTO ARQUITECTÓNICO
- III. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA
- IV. CIMENTACIONES
- V. DISEÑO DE PAVIMENTO
- VI. PROCESO CONSTRUCTIVO
- VII. CONCLUSIONES
- VIII. ANEXOS
- IX. BIBLIOGRAFIA

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 31 enero 2002  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/024/02

Señores  
SERGIO AGUILETA GUTIERREZ  
ALEJANDRO HERRERA CANSECO  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. HUGO SERGIO HAAZ MORA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"CENTRO ECO-TURÍSTICO EN COZUMENL, QUINTANA ROO"**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. PROYECTO ARQUITECTÓNICO
- III. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA
- IV. CIMENTACIONES
- V. DISEÑO DE PAVIMENTO
- VI. PROCESO CONSTRUCTIVO
- VII. CONCLUSIONES
- VIII. ANEXOS
- IX. BIBLIOGRAFIA

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 31 enero 2002  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

# **AGRADECIMIENTOS**

**De Sergio:**

Primeramente agradezco a Dios por darme la vida y fuerza que me permitieron llegar hasta este punto logrando alcanzar un sueño más.

A mis padres que me han brindado todo su cariño, comprensión y apoyo enseñándome lo que es el sacrificio, responsabilidad y compromiso formando en mi la persona que hoy día he logrado ser.

A mis hermanos por su apoyo, experiencia y conocimientos que han sabido compartir conmigo.

A ti Kathy, porque sin ti este sueño nunca se hubiese convertido en una realidad, porque cada sonrisa, cada palabra y todo ese cariño que hemos compartido han sido mi motor para seguir adelante y llegar hasta este punto de mi vida. Gracias por todo, pero sobretodo gracias por compartir incondicionalmente conmigo tu amistad.

A todos y cada uno de mis amigos que se han convertido en parte fundamental de mi, porque ellos han sabido compartir todos mis triunfos y fracasos por los cuales he atravesado, alegrándose en los primeros y comprendiéndome y apoyándome en los últimos.

A los ingenieros y arquitectos con los que he tenido el privilegio de compartir un aula de clases o un lugar de trabajo, ya que han sabido compartir muchos de sus conocimientos y experiencias ayudándome a seguir buscando la excelencia profesional acompañada siempre de gran humildad.

**De Alejandro:**

A mis padres y hermano por ser la fuerza que me ha ayudado a llegar hasta aquí.

A Paola por ser la inspiración que me lleva a continuar.

A mis amigos por ser simple y sencillamente lo que son "amigos".

A mis maestros, no únicamente los de la facultad, sino a todos y cada uno de ellos por compartir algo de sus conocimientos.

Y a todas y cada una de las personas que a lo largo de este camino han compartido un momento, una sonrisa, una lagrima, y que de una u otra forma son parte de lo que soy.

*- Si he llegado tan alto es por que estoy parado en los hombros de gigantes. -*

**Albert Einstein.**

**De Sergio y Alejandro:**

**Queremos primeramente agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México por habernos dado la oportunidad de estudiar en sus instalaciones y habernos transmitido su excelencia académica y todos sus valores formando en nosotros las personas que hoy día hemos llegado a ser.**

**Al ingeniero Hugo Sergio Haas Mora por haber dirigido éste trabajo pudiendo compartir con nosotros muchas de sus experiencias y conocimientos no únicamente durante éste último proceso, sino a lo largo de nuestra formación como ingenieros.**

**A todos y cada uno de nuestros maestros, que a lo largo de nuestra formación, ya sea en las aulas de clase o fuera de ellas nos motivaron a seguir adelante incrementando cada día nuestro conocimiento y fomentando el buscar una excelencia tanto profesional como personal y así poder realizarnos en la vida.**

**Queremos agradecer al H. Ayuntamiento de Cozumel por su cooperación para obtener muchos de los datos que en la presente se exponen.**

**A la arquitecta Catalina Nieto Alcalá por habernos permitido desarrollar su trabajo de tesis y así intentar convertir un proyecto en una realidad.**

# ÍNDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
I.- Introducción.	
I.1 Justificación, presentación de la problemática, alcances.	1
I.2 Descripción del proyecto.	3
II.- Proyecto Arquitectónico.	
II.1 Planta de conjunto.	5
II.2 Restaurante.	6
II.3 Acuario.	8
III.- Descripción Geotécnica.	10
III.1 Caminos existentes.	11
III.2 Tipos de suelo y roca predominantes.	13
IV.- Cimentaciones.	
IV.1 Introducción.	17
IV.2 Sondeos.	23
IV.3 Propuestas y diseño cimentación restaurante.	27
IV.4 Propuestas y diseño cimentación Acuario.	33
V.- Diseño de pavimento.	
V.1 Introducción.	37
V.2 Análisis del pavimento existente.	54
V.3 Propuesta de rehabilitación o construcción de nueva sección.	67
VI.- Proceso constructivo.	
VI.1 Introducción.	81
VI.2 Listado de materiales y maquinaria propuestos.	84
VI.3 Rendimientos y tiempos constructivos.	88
VI.4 Programa de obra y ruta crítica.	90
VI.5 Breve descripción de los procesos constructivos.	97
VII.- Conclusiones.	103

### VIII.-Anexos.

- Anexo 1: Planta de conjunto del Centro Eco - Turístico.
- Anexo 2: Planta arquitectónica del restaurante.
- Anexo 3: Corte longitudinal del restaurante.
- Anexo 4: Fachada del restaurante.
- Anexo 5: Planta arquitectónica del acuario.
- Anexo 6: Corte longitudinal del acuario.
- Anexo 7: Reacciones de los apoyos del restaurante.
- Anexo 8: Diseño de la cimentación del restaurante.
- Anexo 9: Reacciones de los apoyos del acuario.
- Anexo 10: Diseño de la cimentación del acuario.
- Anexo 11: Espesores del pavimento en la carretera Cozumel - Mescalitos por el método del Instituto de Ingeniería.
- Anexo 12: Espesores del pavimento en la carretera Cozumel - Mescalitos por el método AASHTO.
- Anexo 13: Espesores del pavimento en la carretera Mescalitos - Molas por el método del Instituto de Ingeniería.
- Anexo 14: Espesores del pavimento en la carretera Mescalitos - Molas por el método AASHTO.
- Anexo 15: Tiempos constructivos para el restaurante.
- Anexo 16: Tiempos constructivos para el acuario.
- Anexo 17: Secuencia de actividades para el restaurante.
- Anexo 18: Secuencia de actividades para el acuario.
- Anexo 19: Diagrama de barras para el restaurante.
- Anexo 20: Diagrama de barras para el acuario.
- Anexo 21: Diagrama Pert y ruta crítica para el restaurante.
- Anexo 22: Diagrama Pert y ruta crítica para el acuario.

### Bibliografía

# **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.**

---

## ***I.1 Justificación, presentación de la problemática, alcances.***

---

Este trabajo, cuyo título es "*Proyecto Centro Eco - Turístico en Cozumel, Quintana Roo*" tiene como fin servir como tesis profesional para obtener el título de *ingeniero civil* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El proyecto que se expondrá a lo largo de los diferentes capítulos del presente, surge de una tesis para obtener el título de arquitecto en la Universidad La Salle. Dicha tesis justifica la creación del *Centro Eco - Turístico* en cuanto a bienestar social, compatibilidad con el medio ambiente actual, atracción turística y creación de nuevas fuentes de empleo se refiere. En el trabajo antes mencionado, se proyectan los diferentes edificios y zonas que conforman el parque, respetando el estilo de las construcciones existentes en Cozumel, el estilo de vida y cultura de Quintana Roo. El principal objetivo es proveer a Cozumel de un centro que atraiga y mantenga a más turistas dentro de la isla; al mismo tiempo que se cree un interés y se rescaten las cinco zonas arqueológicas que existen dentro de la misma. Asimismo otro de los objetivos es ayudar a preservar a la tortuga marina mediante un pequeño criadero de ésta.

Los diferentes edificios que se proponen están completamente definidos en cuanto a proyecto arquitectónico se refiere, (el proyecto arquitectónico se tratará en el segundo capítulo de esta tesis) sin embargo, no existe un estudio geotécnico, un cálculo y diseño de cimentaciones completo, un análisis constructivo bien estructurado, no se analizaron las vías de acceso existentes y su posible afectación con la construcción del nuevo centro.

En Cozumel, uno de los centros turísticos en auge más importantes del país, en los últimos años se ha presentado un incremento en la construcción de hoteles, así como la ampliación del aeropuerto y un camino perimetral, además

del que cruza la isla en su parte central y comunica a la costa occidental con la oriental. En menor grado existen obras marítimas.

El desarrollo urbano y turístico ocurre principalmente en la costa occidental, donde se ubica la población de Cozumel, debido a la tranquilidad de las aguas y baja profundidad del fondo marino, cubierto de una capa de arena de poco espesor.

En general las estructuras más recientes son de concreto reforzado y no exceden de cuatro niveles, siendo la mayoría de uno y dos.

Por las razones expuestas anteriormente y dado que encontramos este nuevo centro turístico realmente atractivo para el crecimiento del sector turismo y la captación de divisas para nuestro país se pretende que la presente tesis satisfaga si no todas, la mayoría de las carencias de la anterior tratando que éste proyecto se transforme en una realidad. Es por eso que el principal enfoque de éste trabajo se relaciona con la geotecnia. Como se podrá apreciar en el capítulo III, se realiza una descripción geotécnica de las zonas donde se pretende trabajar y una descripción de los caminos que actualmente existen.

En el cuarto capítulo de ésta tesis se tratará más a fondo el cálculo y diseño de dos de los edificios que forman parte del *Centro Eco - Turístico*; estos edificios tienen características muy distintas entre sí y se localizan en diferentes zonas dentro del terreno, por lo cual se tratarán dos diferentes tipos de cimentación. Asimismo dentro de éste capítulo se pretende realizar (de ser pertinente) un cálculo de los posibles asentamientos que ocurrirán. Lo anterior se apoyará en datos estratigráficos del terreno en cuestión que se presentarán y estará acompañado de una breve introducción.

Con respecto al capítulo número cinco, podemos decir que éste trata de resolver lo referente a los caminos de acceso existentes. Se pretende presentar una breve introducción al tema, acompañada de aforos vehiculares realizados en Cozumel. Posteriormente se valorará el estado actual del pavimento refiriéndonos a la sección y estado de la superficie de rodamiento; de acuerdo al diagnóstico que se obtenga, se incluirán en este mismo capítulo recomendaciones para la rehabilitación o nueva construcción del mismo.

En el siguiente capítulo, capítulo 6º, se presentará lo referente a la construcción de los edificios analizados. Se propondrán materiales y procedimientos para dichas estructuras y se presentará un posible programa de obra, considerando tiempos y recursos tanto humanos como lo que a maquinaria se refiere.

Por último se presentan las conclusiones de todo lo obtenido y analizado en los capítulos anteriores. Las conclusiones formarán el capítulo final de esta tesis.

## ***1.2 Descripción del proyecto.***

---

Como el nombre del proyecto se titula, se trata de un centro eco - turístico, en el cual se reúnen dentro de un terreno de aproximadamente 352,866.67 m<sup>2</sup>, que equivalen a 35.28 hectáreas diversas construcciones para proporcionar al turista una gran diversidad de actividades.

Las diversas construcciones se pueden ver en la planta de conjunto dentro del capítulo 2 del presente y dentro de éstas podemos mencionar un teatro, un restaurante de comida típica, un aviario, un observatorio, un acuario que se encuentra construido debajo del mar y ruinas arqueológicas.

La representación en planta del proyecto la podemos describir de la siguiente manera: los accesos o caminos existentes desde el centro de Cozumel conducen a "Mescalitos" que se localiza en la parte este de la isla, es ahí donde existe la desviación hacia Punta Molas (Norte de la Isla) actualmente el camino es terracería y pasa por los siguiente sitios:

- Punta arrecifes
- Ruina la palma
- Playa bonita
- Castillo real

Nuestro *Centro Eco - Turístico* está provisto de un estacionamiento, que contempla lugar para autos particulares, vehículos de excursiones guiadas, motocicletas y autobuses de turismo.

Posteriormente encontramos el acceso al parque, el cual tiene aproximadamente 1,557.77 m<sup>2</sup>. Saliendo del acceso antes mencionado, existen tres corredores, el corredor central de ciento quince metros de longitud, rodeado por árboles y provisto con áreas de servicio cada 70 m, conduce al restaurante del complejo que se localiza aproximadamente en el centro del mismo. Hacia la parte sur del terreno, se localizan dos áreas que contienen los

clubes de playa y los asoleaderos, éstas áreas se encuentran a 200 m una de otra, ambas sobre la playa y separadas por árboles.

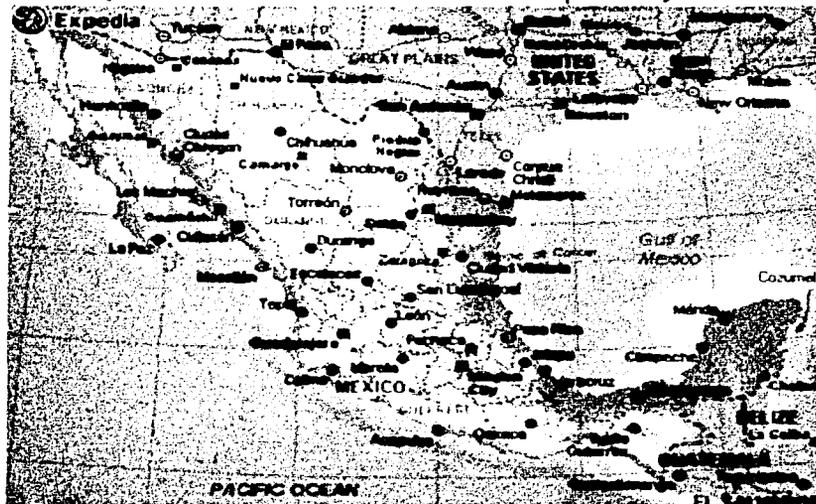
En la parte suroeste del terreno se localizan unas ruinas arqueológicas, poco más, al noreste de las mismas, se encuentra el museo y al norte del mismo podemos ubicar el teatro del *Centro Eco - Turístico*.

En el extremo opuesto, sureste del terreno, se encuentra, a nivel de la playa y con una parte dentro del océano, el acuario del parque, mismo que contiene un espacio para la reproducción y conservación de la tortuga marina. Al norte del acuario se localiza el aviario, al norte del mismo se encuentra un jardín botánico, en el cual podemos apreciar la diversidad de la flora propia de la península y otros especímenes.

Cerca al lugar donde se localiza el acceso al *Centro Eco - Turístico*, se localizan las oficinas administrativas, cuartos de máquinas, tanques de almacenamiento de agua, instalaciones de emergencia y un poco más al sureste de los mismos, se encuentra el observatorio.

Es necesario decir que todos los corredores y edificios se encuentran rodeados de gran vegetación, la cual abarca la mayor parte del terreno. El tema central de todas las construcciones es la cultura maya, y en todas ellas podemos encontrar motivos o decoraciones que nos remitan a ella.

(Localización de Cozumel en la República)



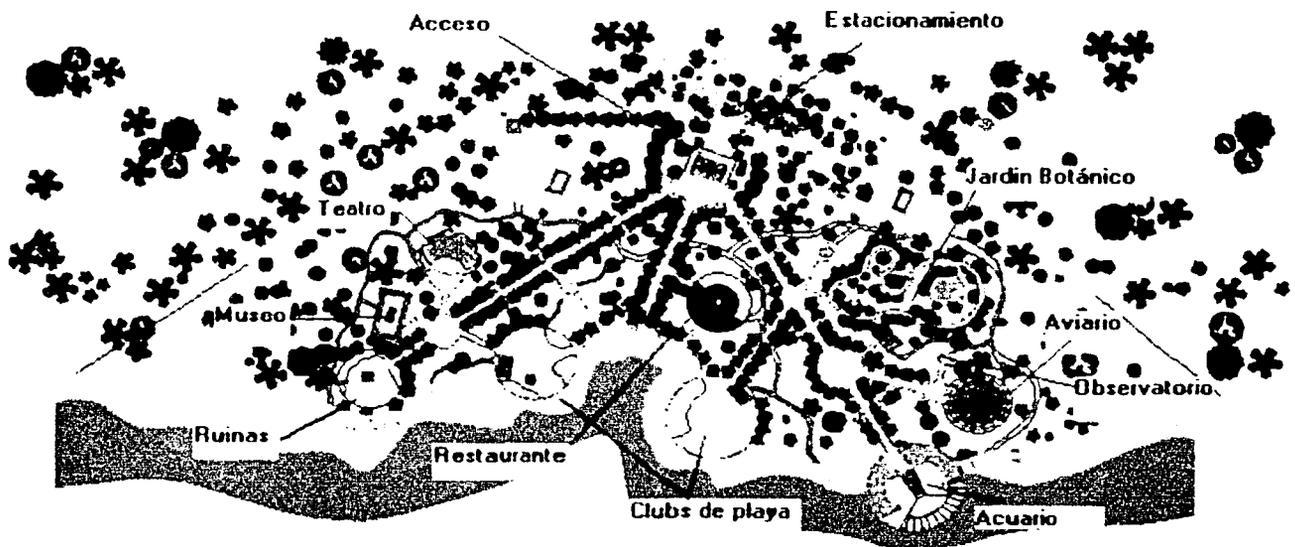
# CAPITULO II: PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

---

## II.1 Planta de conjunto.

---

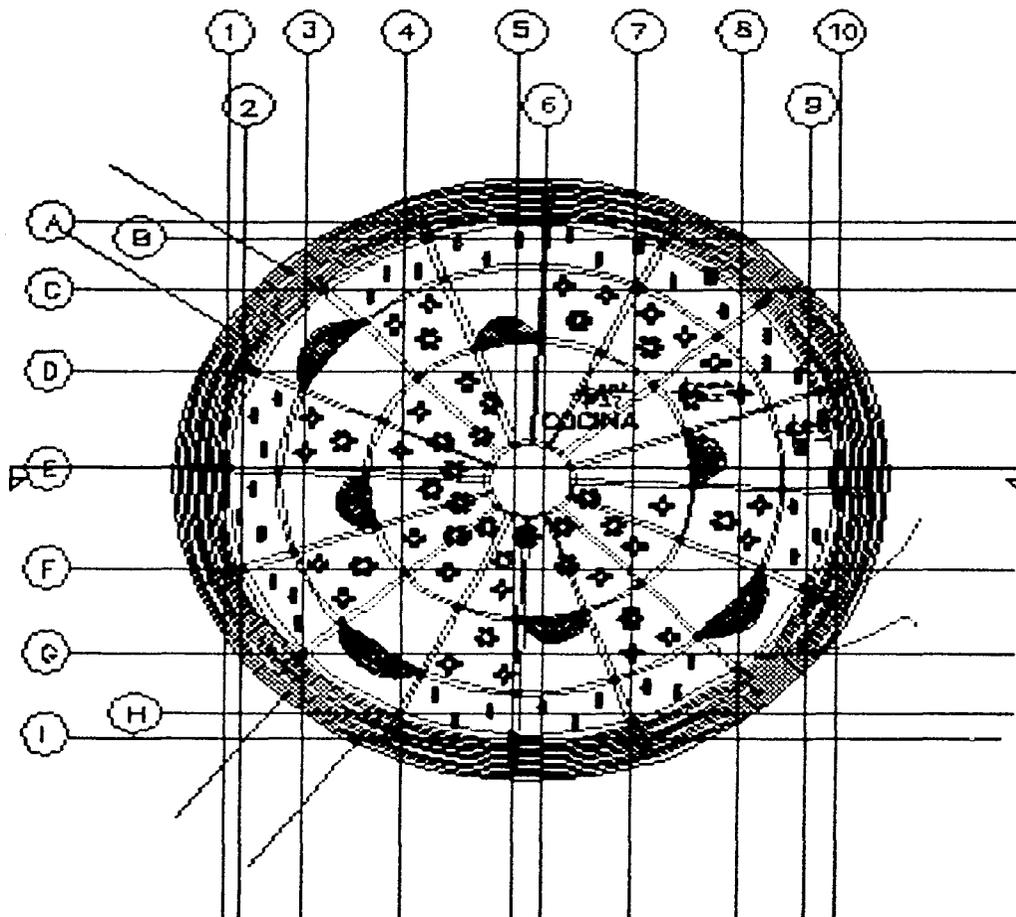
A continuación se presenta la planta de conjunto, donde se pueden apreciar las principales construcciones del Centro Eco - Turístico, incluyendo el restaurante y el acuario, los cuales serán objeto de estudio del presente.



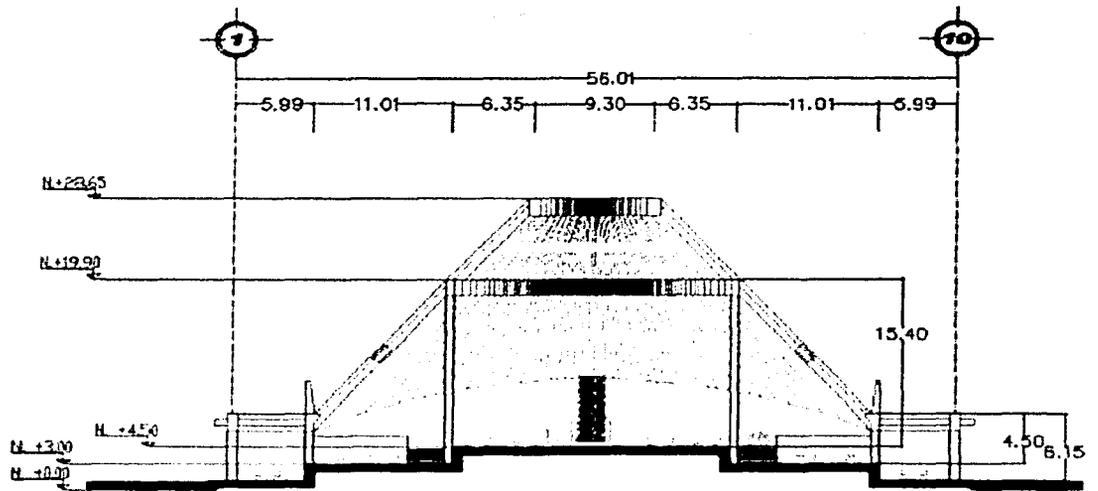
Planta arquitectónica

## II.2 Restaurante.

- Planta arquitectónica

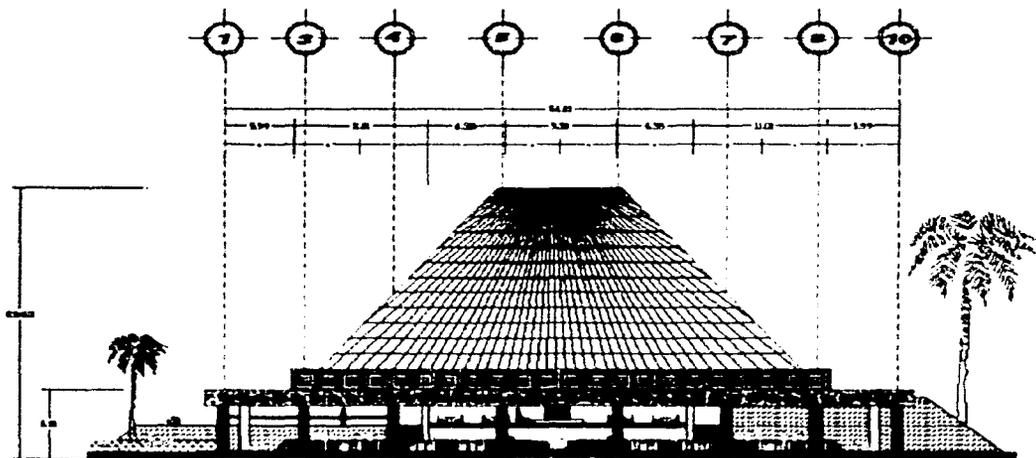


● **Corte Longitudinal**



ANEXO 3: CORTE LONGITUDINAL

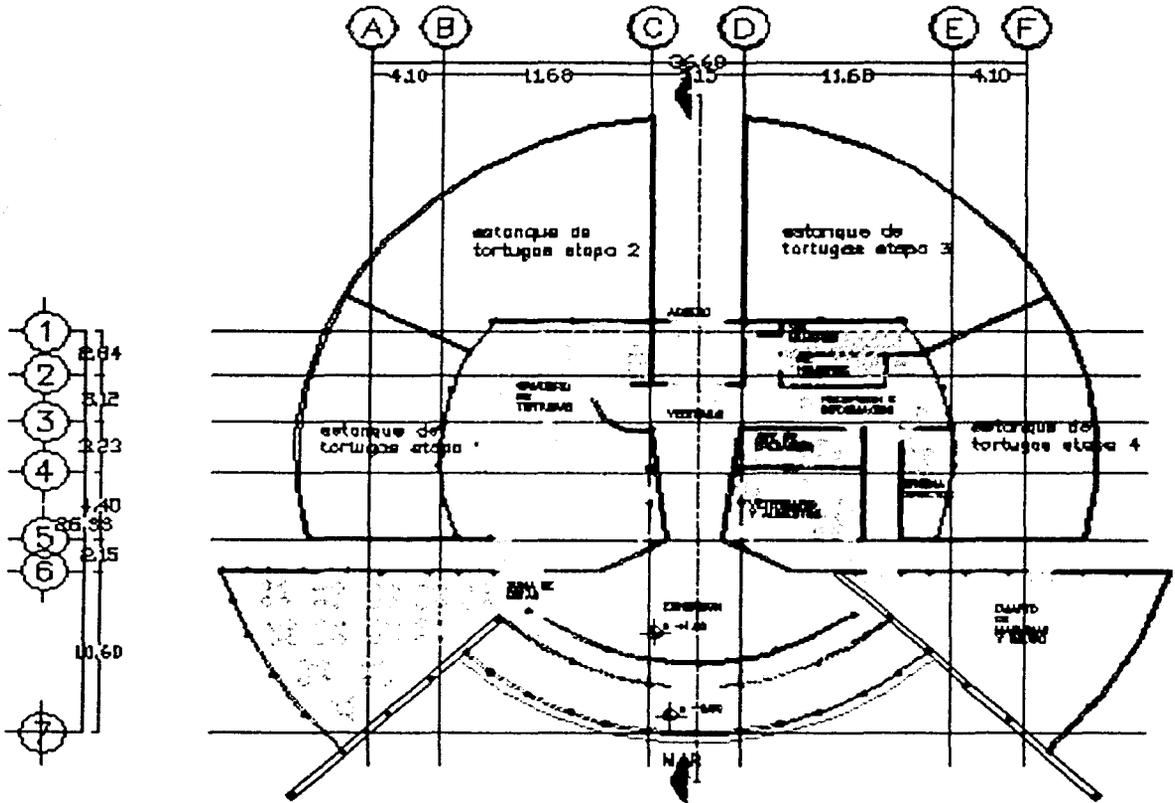
● **Fachada Sur**



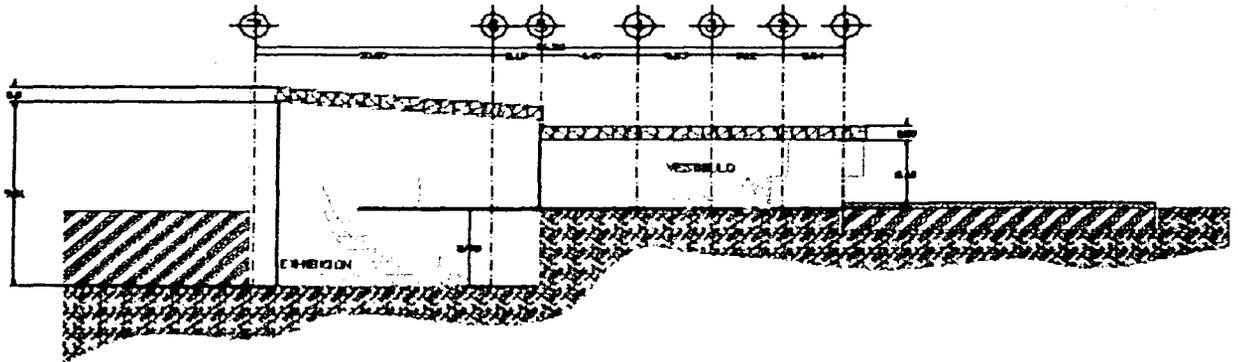
ANEXO 4: FACHADA SUR ORIENTE

## II.3 Acuario.

### • Planta arquitectónica



- Corte longitudinal



ANEXO 6: CORTE LONGITUDINAL  
ACUARIO



### **III. 1 Caminos Existentes.**

---

Se muestra a continuación un mapa de la Isla en el cual se pueden apreciar las principales carreteras que se encuentran en Cozumel.

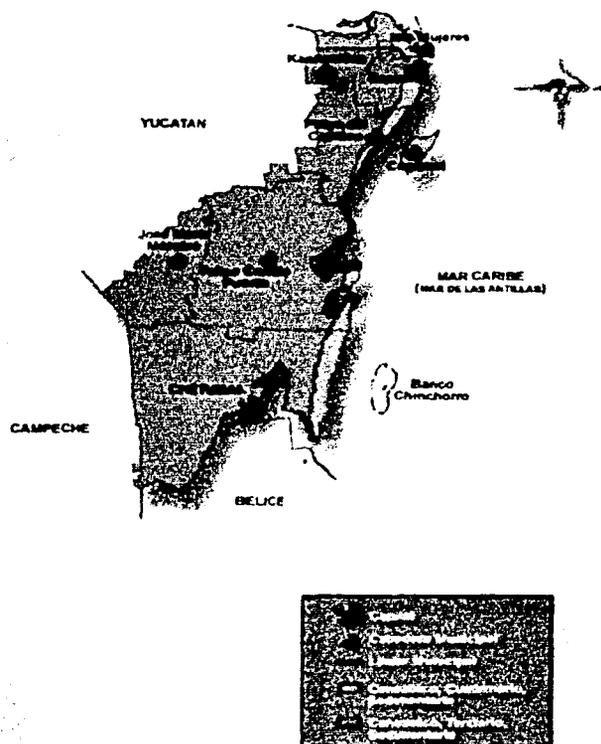
En el plano podemos observar un circuito que divide a la isla en dos partes y se localiza en la parte sur ésta, el circuito recorre diferentes playas sobresaliendo: Caleta, Chankanaab, Playa San Francisco, Punta Celarín, Punta Chiqueros, Chen Río, Punta Morena y Mezcalitos, además éste, lleva a los turistas a la zona hotelera situada al sur del muelle. Actualmente tiene lugar una ampliación de una sección de la carretera, la ampliación antes mencionada se encuentra en el tramo que va de Chankanaab a Punta Celarín. El resto de los caminos existentes son terracerías que se internan en la selva.

La gran mayoría de los vehículos que transitan la carretera son vehículos ligeros como camionetas, jeeps, automóviles en general y motocicletas. La sección que se analizará y será evaluada para determinar el estado de la carpeta asfáltica en este trabajo es la que va del Muelle a Mescalitos, ésta sección cuenta con dos carriles sin acotamiento y el camino que conecta a Mescalitos con Punta molas es de terracería.



### **III.2 Tipos de suelo y roca predominantes.**

El suelo y roca característico o representativo en la Isla de Cozumel, se presenta de manera uniforme en toda la superficie de la misma. En el mapa que se presenta a continuación se puede observar que los suelos antes mencionados datan de la era cenozoica del periodo cuaternario:



En Cozumel predomina la roca caliza, es por ésta razón que su morfología es tipo "Karst". Gracias al intemperismo y al tiempo en sí, las calizas sufren

alteraciones diversas dando lugar a las arcillas lateríticas rojas que se presentan de manera significativa en la superficie de la isla.

En un estudio que encontramos en la tesis de licenciatura para el título de geógrafo de Eduardo Medina Pérez encontramos que el suelo característico de la Isla de Cozumel es mijagón - arenoso cuyo Ph es ligeramente alcalino variando de 7.65 a 8.55 Ph, esa información se encuentra sustentada por un estudio geotécnico realizado "in situ" que comprende ocho muestras representativas del suelo.

Dentro de la monografía municipal de Cozumel vemos que en la isla se presenta un suelo de "rendzinas", en general son suelos poco evolucionados muy ligados a las riquezas del calcio de la roca madre, son muy delgados y pedregosos y por ende tienen poca vocación agrícola. Dentro de la clasificación maya a éste tipo de suelos se les agrupa con el nombre de "tzekel". Su color va de café a rojo oscuro y su textura suele ser arcillosa. Existen grandes afloramientos de roca caliza.

En la sexta convención de mecánica de suelos se afirma lo siguiente con respecto al suelo de Cozumel: "En la superficie de la isla existe una capa de caliza resistente de espesor variable, a la que subyace *sahcab*, calizas suaves y dolomitas, excepto en ciertos tramos de la franja costera occidental donde la caliza esta cubierta por sedimentos marinos y suelos pantanosos propios de ciénegas y esteros blandos y de baja resistencia al corte, donde se desarrollan manglares que hacen posible la existencia de suelos orgánicos. Parte del camino perimetral se desarrolla en este tipo de suelos, de los cuales no se cuenta con información. Sin embargo, el camino ha mostrado buen comportamiento. Otros tramos de la franja costera, están cubiertos por una capa delgada e irregular de suelos arenosos como se observa en la parte de la población de la isla de Cozumel; generalmente el ancho de esta franja es reducido. En los tramos restantes aflora la roca como ocurre en la costa oriental."

Disposición estratigráfica: con excepción de la costa marítima en el territorio predomina el corte formado por

- 1) Una delgada capa de tierra vegetal.
- 2) El estrato de caliza dura que se distingue en la región con el nombre de laja, de espesor comprendido entre dos y cuatro metros.
- 3) El depósito de suelos calcáreos o *sahcab*, variable tanto en cuanto granulometría, potencia y composición mineralógica.
- 4) Los mantos profundos de calizas y dolomitas, que aparecen en varios sitios separados por capas de lutita.

*Caliza dura superficial (laja):* es un estrato, en general de espesor de cuatro metros de caliza dura. Su resistencia a la compresión simple  $q_u$  varía de 50 a 150 kg/cm<sup>2</sup> y de acuerdo a estudios petrográficos es una microcoquina. La porosidad de ésta roca ligada a procesos de disolución no muy desarrollados, es la responsable de las variaciones de  $q_u$  antes anotadas.

*Sahcab:* Con este nombre se distinguen en la región a materiales friables, blanquecinos y procedentes de lodos calcáreos no consolidados. La granulometría es muy variable pero en general, predomina el porcentaje de tamaños correspondiente al limo; su plasticidad es baja o nula. Debido a la ausencia de suelos en la superficie, adecuados para la construcción, se ha recurrido al sahcab para las bases y sub-bases de caminos y para rellenos urbanos, explotándolo en canteras a cielo abierto o con procedimientos mineros (sahcaberías), causa de la existencia de cavernas artificiales en diversas zonas de Mérida.

Las propiedades mecánicas del sahcab son poco conocidas, pues es limitado el número de ensayos efectuados hasta el presente; además, en vista de su cambiante composición y grado de compacidad deben esperarse valores de los parámetros de resistencia y compresibilidad comprendidos en intervalos muy amplios; la circunstancia de encontrarse este material en forma lenticular, debajo del estrato de caliza dura, hacen necesaria una exploración cuidadosa del área en que se va a construir, particularmente cuando la obra es importante por las cargas que transmite al suelo.

*Mantos profundos:* subyacen al sahcab o la caliza dura superficial, depósitos sedimentarios calcáreos o dolomíticos de gran potencia, que pueden en ocasiones presentar estratos de lutita. Según exploraciones petroleras estas formaciones marinas alcanzan profundidades mayores de dos metros.

*Karsticidad:* uno de los factores que puede ser determinante para el proyecto de cimentaciones es la presencia de conductos y cavernas producidas por disolución, tanto en el sahcab como en los mantos de caliza blanda subyacente. La caprichosa trayectoria de éstos conductos, la impredecible geometría de las cavernas, la posibilidad de que contengan rellenos blandos por infiltración, unido a la existencia de sahcaberías o excavaciones subterráneas realizadas por el hombre, hacen imperativo una exploración amplia y cuidadosa para localizar tales defectos de subsuelo y evaluar sus implicaciones en la obra que se proyecta e inclusive desechar el predio por razones económicas.

Exploración del subsuelo: los métodos directos pueden ser los más recomendables en determinados casos en que existe evidencia o sea localizada una caverna de grandes dimensiones y, a la vista del proyecto en cuestión, es

indispensable investigar detalladamente la geometría y características de la roca de éste accidente kárstico. Dentro de los métodos semidirectos podemos mencionar: las perforaciones realizadas con pulseta, máquinas de percusión y equipos rotatorios. En cualquiera de las alternativas precedentes es de importancia una inspección constante del proceso de barrenación.

La pérdida de agua durante la barrenación, las pruebas de absorción de agua (Lugeon), la obtención de muestras con el equipo de penetración estándar en los casos de interceptar suelos (sahcab y lutitas), la obtención de corazones de los estratos de calizas afectados por grietas infiltradas con suelos arcillosos, pueden ser recursos indispensables para asegurar un buen reconocimiento del terreno.

En conclusión lo importante será un cuidadoso trabajo de campo durante la exploración a fin de localizar cavernas de disolución o excavadas por el hombre, determinar la presencia y composición del sahcab, y evaluar las características de los mantos de caliza con especial atención a la karsticidad.

Respecto a los métodos indirectos, sísmicos o eléctricos, son recomendables como auxiliares de estudios geohidrológicos."

# **CAPITULO IV: CIMENTACIONES.**

---

## ***IV.1 Introducción.***

---

### **Clasificación (Tipos).**

#### **Cimentaciones Superficiales:**

Los tipos más frecuentes de cimentaciones poco profundas son las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, generalmente cuadrados o rectangulares y más raramente circulares, que se construyen bajo las columnas con el objeto de transmitir la carga de éstas al terreno en una mayor área, para lograr una presión apropiada. En ocasiones las zapatas aisladas soportan más de una columna. Las zapatas aisladas se construyen generalmente de concreto reforzado

Las zapatas corridas son ejemplos análogos a los anteriores, en los que la longitud supera en mucho al ancho. Soportan varias columnas o un muro y pueden ser de concreto reforzado o de mampostería, en el caso de cimientos que transmiten cargas no muy grandes. La zapata corrida es una forma evolucionada de zapata aislada, en el caso en que el suelo ofrezca una resistencia baja, que obligue al empleo de mayores áreas de repartición o en el caso en que deban transmitirse al suelo grandes cargas.

Cuando la resistencia del terreno sea muy baja o las cargas sean muy altas, las áreas requeridas para apoyo de la cimentación deben aumentarse, llegándose al empleo de verdaderas losas de cimentación, constituidas también de concreto reforzado, las que pueden llegar a ocupar toda la superficie construida.

No existe ningún criterio preciso para distinguir entre sí los tres tipos anteriores, siendo la práctica la normal para su distinción. También existen multitud de variedades de cimentaciones combinadas, en las que los tres tipos básicos se entremezclan al gusto del proyectista o del constructor.

Si aun en el caso de emplear una losa corrida la presión transmitida al subsuelo sobrepasa la capacidad de carga de éste es evidente que habrá de

recurrirse a soportar la estructura en estratos más firmes, que se encuentren a mayores profundidades, llegándose así a las cimentaciones profundas.

En general, los factores que influyen en la correcta selección de una cimentación dada pueden agruparse en tres clases principales:

- 1) Los relativos a la superestructura, que engloban su función, cargas que transmite al suelo, materiales que la constituyen, etc.
- 2) Los relativos al suelo, que se refieren a sus propiedades mecánicas, especialmente su resistencia y compresibilidad, a sus condiciones hidráulicas, etc.
- 3) Los factores económicos, que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia y aún el costo de la superestructura.

Debe observarse que al balancear los factores anteriores, adoptando un punto de vista ingenieril, debe estudiarse no sólo la necesidad de proyectar una cimentación que se sostenga en el suelo disponible sin falla o colapso, sino también que no tenga asentamientos o expansiones que interfieran con la función de la estructura. Es así como se llega a la contribución de la Mecánica de Suelos al problema de cimentaciones. Por un lado, abordando un problema de Capacidad de Carga, se trata de conocer el nivel de esfuerzos que la cimentación puede transmitir al suelo sin provocar un colapso o falla brusca, generalmente por esfuerzo cortante; por otro lado, será necesario calcular los asentamientos o expansiones que el suelo va a sufrir con tales esfuerzos, cuidando siempre que éstos queden en niveles tolerables para la estructura de que se trate. No puede decirse que uno de los aspectos anteriores tenga mayor importancia que el otro en el proyecto de una cimentación; ambos deberán ser tenidos en cuenta simultáneamente y de su justa apreciación dependerá el éxito o fracaso en un caso dado.

#### **Cimentaciones Compensadas:**

El principio en que se basan éstas cimentaciones, consiste en tratar de desplantar la cimentación a una profundidad tal que el peso de la tierra excavada iguale al peso de la estructura, de manera que al nivel de desplante del suelo, por así decirlo, no sienta la substitución efectuada, por no llegarle ninguna presión en añadidura a la originalmente existente.

Este tipo de cimentación exige, que las excavaciones efectuadas no se rellenen posteriormente, lo que se logra o con una loza corrida en toda el área de cimentación o construyendo cajones huecos en lugar de cada zapata. El primer tipo de cimentación es usual en edificios compensados, el segundo en puentes, por ejemplo.

Las cimentaciones compensadas han sido particularmente utilizadas para evitar asentamientos en suelos altamente compresibles, pues, teóricamente, los elimina por no dar al terreno ninguna sobrecarga. Sin embargo, como el proceso de carga no es simultáneo con el de descarga, resultado de la excavación, tienen lugar expansiones en el fondo de ésta, que se traducen en asentamientos cuando, por efecto de la carga de la estructura, dicho fondo regrese a su posición original. Es debido a esto que los problemas asociados a las cimentaciones compensadas son producto de la excavación necesaria, la cual es generalmente profunda.

Lo anterior se refiere a las cimentaciones denominadas "Totalmente compensadas", en las que el peso de la estructura es igual al peso del suelo removido en la excavación, pero además de éstas existen las denominadas "Parcialmente compensadas", en donde el peso de la tierra excavada compensa únicamente una parte del peso de la estructura, en tanto que la otra fracción se toma con pilotes o descanso sobre el terreno, si es que la capacidad de carga y la compresibilidad de éste lo permiten.

#### **Cimentaciones en Roca:**

El problema de las cimentaciones en roca es diferente de la que se tiene en cimentaciones ordinarias sobre el suelo. En las cimentaciones en roca, el asentamiento no suele ser una limitación para el diseño, pues, dada la rigidez del material, suele ser completamente despreciable. La resistencia del material al esfuerzo cortante, tampoco suele ser condición crítica en una roca, considerada masiva. Los problemas emanan de dos fuentes; por un lado de los defectos, tales como grietas o fisuras, que la roca pueda tener y por otro lado, de los altos esfuerzos que soporta la estructura propiamente dicha que constituye la cimentación, emanantes de las altas presiones de contacto que toleran.

La resistencia de la roca suele obtenerse de una prueba de compresión simple o suele estimarse. Las pruebas triaxiales son más convenientes, pero el equipo y el personal para su realización no están disponibles frecuentemente,

por lo que generalmente el dato con el que se ha de trabajar es  $q_u$ , resistencia a la compresión simple.

Uno de los problemas prácticos que puede presentar la roca como material de cimentación es que se presente en un manto inclinado, sobre el que haya peligro de que se deslice la cimentación. Esto puede ocurrir cuando la inclinación de la roca sea mayor de  $30^\circ$ , por lo que en inclinaciones mayores se debe recurrir a anclajes, escalonamientos e ideas similares que combatan el riesgo de deslizamiento.

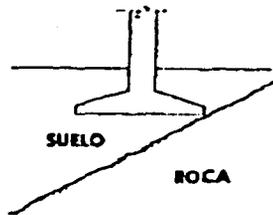
Si la roca sobreyace a suelos blandos, debe tenerse en cuenta que la deformación de éstos puede afectar a aquéllas.

En roca agrietada, fisurada o junteada, han de ser las zonas más débiles las que limiten las cargas de diseño a emplear en un caso dado y, en estos casos, conviene elevar el factor de seguridad que se utilice a valores del orden de 5 o aún mayores.

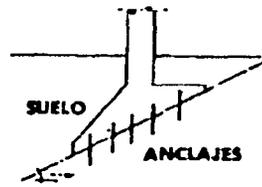
Un riesgo de importancia por su frecuencia en ciertos tipos de rocas como calizas por ejemplo, es la presencia de oquedades, o cavernas dentro de la profundidad que afecta la cimentación y bajo ella. Siempre deberá explorarse convenientemente el terreno de cimentación para excluir esta posibilidad. Si las cavernas existen y su techo ofrece peligro de no sustentar la cimentación, será necesario corregir el defecto, rellenándolas o prolongando la cimentación hasta su piso.

También exige cuidado el colocar un cimiento en un corte o talud de roca. Ahora es de gran importancia la naturaleza del material que pueda llenar las grietas, sobre todo en lo referente a su estabilidad ante agua y a su plasticidad. En casos como éstos, el uso de banderillas metálicas de anclaje ha sido de utilidad.

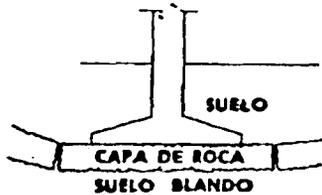
En la siguiente figura se presentan gráficamente algunos de los problemas más frecuentes en cimientos sobre roca, con algunas soluciones usadas en la práctica.



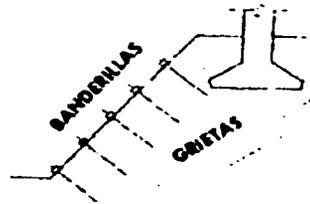
a) Situación inconveniente producto de exploración defectuosa



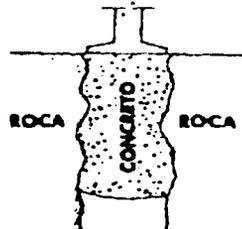
b) Anclaje para prevenir deslizamiento



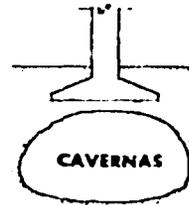
c) Falla por flexión a causa de la cedencia de un suelo blando subyacente a una capa de roca



d) Cimentación en talud, con estado desfavorable, ilustrando el uso de banderillas de anclaje



e) Relleno con concreto de grandes grietas



f) Presencia de cavernas bajo la cimentación (inadmisible)

. Problemas relacionados con cimentaciones en roca

### Cimentaciones Profundas:

Las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda. En tal caso será preciso buscar terrenos de apoyo más resistentes a mayores profundidades; a veces éstos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso, utilizar como apoyo, los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo.

Los elementos que forman las cimentaciones profundas, se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o lado, según sean de sección recta circular o rectangular, que son las más comunes.

De acuerdo con las dimensiones de su sección transversal, las cimentaciones profundas generalmente se dividen en pilas, cuando su diámetro o lado es mayor de 60 cm, y pilotes, para dimensiones menores. En el diseño y construcción de pilas y pilotes intervienen fundamentalmente tres variables: la forma como transmiten las cargas al subsuelo, el material con el que están fabricados, y su procedimiento constructivo. Según el primer criterio mencionado, se clasifican en:

- Pilotes de punta
- Pilas de punta.
- Pilas y pilotes de punta con empotramiento.
- Pilotes de fricción, pilotes de anclaje.
- Pilas o pilotes verticales con carga horizontal.
- Pilotes inclinados bajo cargas horizontales.

Según el criterio de material con el que están fabricados, se clasifican en:

- Pilotes prefabricados de concreto.
- Pilotes y pilas de concreto colado en el lugar.
- Pilotes de acero.
- Pilotes mixtos de concreto y acero.
- Pilotes de madera.

Según el criterio de procedimiento constructivo, se clasifican en:

- Con desplazamiento: Pilotes hincados a percusión.  
Pilotes hincados a presión.  
Pilotes hincados con vibración.
- Con poco desplazamiento:  
Pilotes hincados en una perforación previa.  
Pilotes hincados con chiflón.  
Pilotes de área transversal pequeña
- Sin desplazamiento:  
Pilotes y pilas de concreto colado en el lugar.

## **IV.2 Sondeos.**

---

Para poder diseñar las cimentaciones pertinentes para cada una de las edificaciones que se analizarán dentro del presente, es necesario como primer punto, conocer de que manera está constituido el subsuelo de las diferentes zonas que se excavarán, es decir un sondeo aproximadamente a 200 metros del mar y otro justo en el límite entre el mar y la playa.

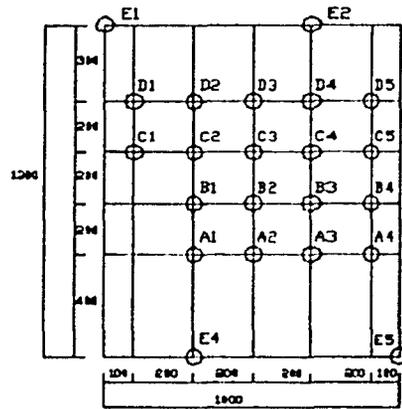
Dado que Punta Molas es una zona en la cual no se ha desarrollado infraestructura alguna y cuya accesibilidad es prácticamente nula, no se tienen registros o sondeos en el lugar de interés. Ya que el suelo de la isla en su franja oriental es muy similar en toda su extensión como se ha mencionado en el inciso III.2, para realizar el cálculo de las cimentaciones se recurrió a sondeos utilizados en otras zonas costeras de la isla y datos bibliográficos, dichos sondeos fueron proporcionados por el H. Ayuntamiento de Cozumel por el Ing. Angel F. Mota S. (Director de desarrollo urbano y ecología). Los datos que a continuación se exponen corresponden a los realizados para la construcción del restaurante y club de playa en Punta Morena, dichos datos se aproximan mucho a los que se necesitan para poder diseñar nuestras cimentaciones y únicamente cabe mencionar que para poder realizar un diseño más adecuado para la construcción real de las estructuras se necesitarían sondeos dentro de la zona de interés para poder comparar nuestros resultados.

En el primer caso, sondeo a 250 m del mar, se hicieron sondeos con obtención de núcleos y además 22 perforaciones sin recuperación empleando brocas tricónicas de  $3\frac{1}{2}$ " de diámetro cuyo objetivo era conocer las características cársicas de la roca. En este primer sondeo que se muestra se observa la disposición de las perforaciones y los perfiles estratigráficos del subsuelo deducidos de las observaciones en cada perforación.

Para nuestro segundo caso se realizaron únicamente 5 perforaciones de manera análoga a las anteriores.

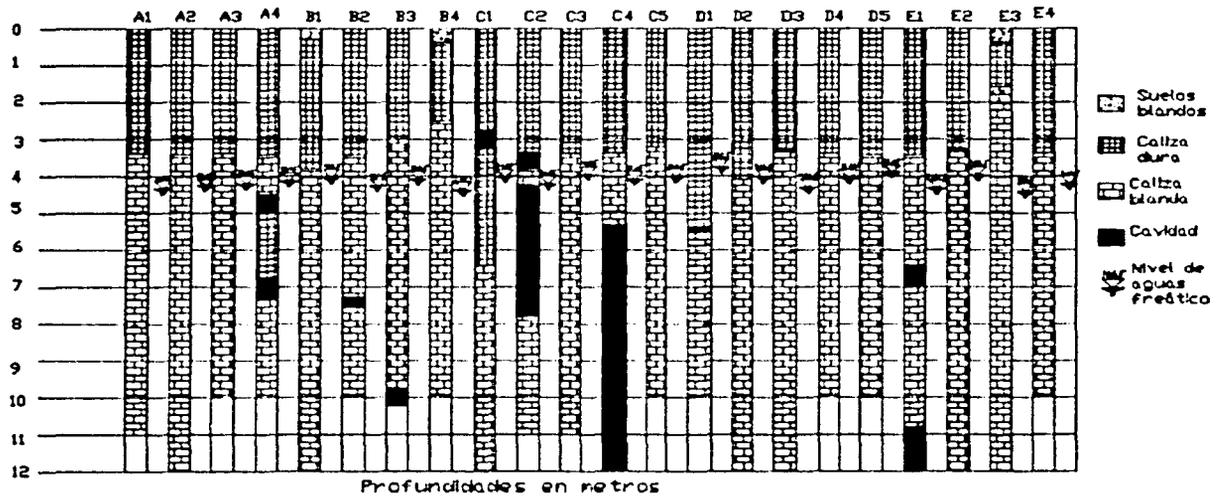
A continuación se muestran los resultados de los sondeos antes mencionados:

Sondeo a 250 m del mar  
(Localcalón de pozos)

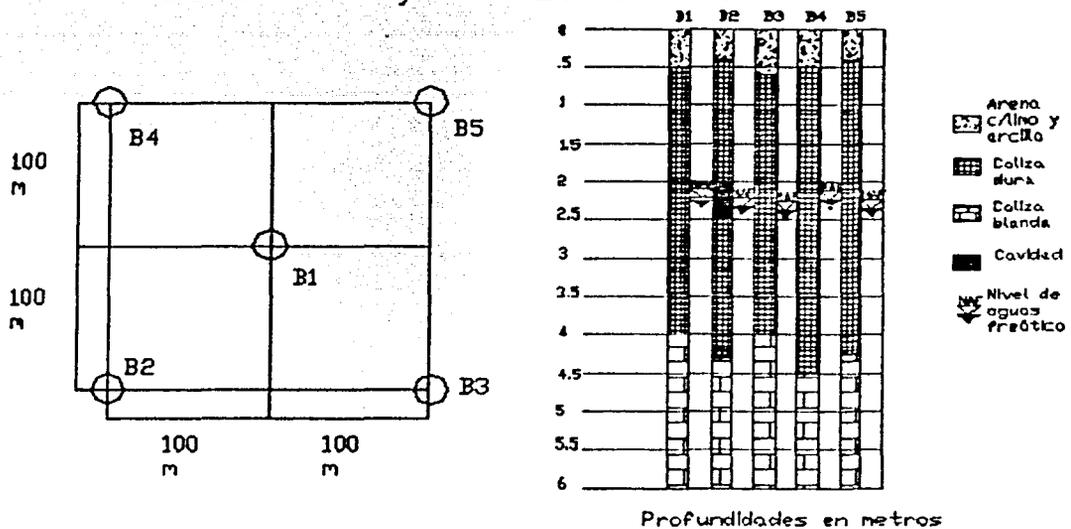


Acotaciones en metros

Sondeo a 250 m del mar



## Sondeo muy cerca del mar



Con respecto a los sondeos arriba mostrados podemos mencionar lo siguiente:

Para la cimentación correspondiente al restaurante (sondeo a 250 m del mar):

- Existe una capa superficial de roca resistente con espesor variable entre 2 y 7 m.
- Más abajo de la capa superficial continúan calizas de baja resistencia al ataque con broca tricónica.
- Existen cavidades de 0.05 a 7.00 m de altura libre, tanto en la roca resistente como en la suave, presentándose las de mayor altura en la segunda.
- Ocasionalmente aparecen lentes de suelos intercaladas en la roca , como se observó en la perforación E3.
- En general el nivel de aguas freáticas (NAF) se encuentra entre los 3.5 y 4.2 m de profundidad.

Para la cimentación correspondiente al acuario (sondeo cercano al mar):

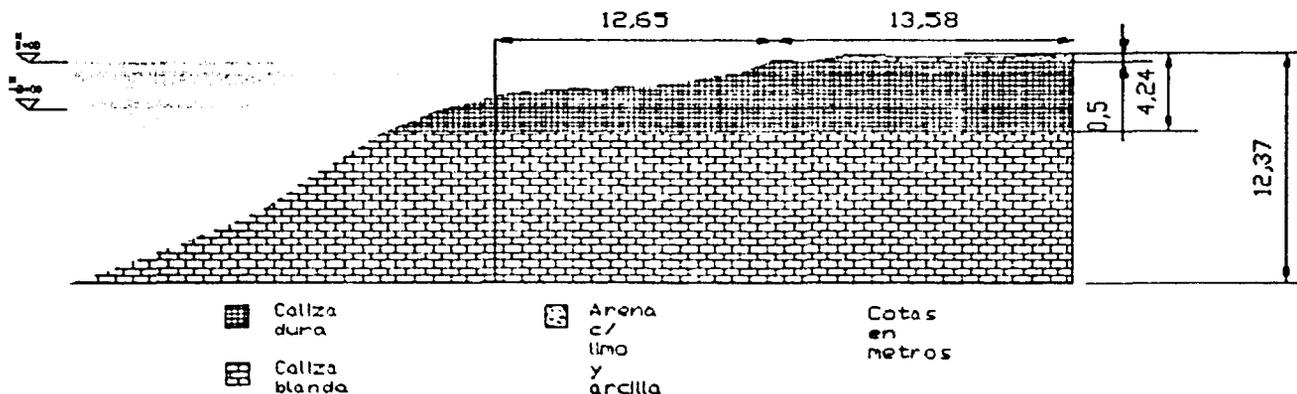
- Existe una capa delgada de suelos blandos compuestos de arena con limo y arcilla hasta medio metro de profundidad cuyas características obtenidas de cuatro bancos muestra se observan a continuación:

Muestra	Plasticidad		Granulometría		%	Clasific.
	LL	LP	Grava	Arena	Finos	SUCS
1	26	6	32	45	23	SM
2	25	5	33	44	23	SM
3	28	5	31	50	19	SM
4	30	8	34	42	24	SC

- Por debajo de la capa de suelos blandos existe una gran capa de roca dura que oscila entre los 3.5 y 4 m de profundidad.
- Por debajo de la caliza dura, existe roca de baja resistencia al ataque con broca tricónica.
- Existen pocas cavidades, de espesor de 0.5 m en la roca dura a una profundidad de 2 m.
- El nivel de aguas freáticas (NAF) se localiza aproximadamente a 2.3 m de profundidad.

A continuación se muestra un corte donde se aprecia la estratigrafía donde se construirá el acuario:

Estratigrafía del terreno  
(Acuario)



### **IV.3 Propuestas y diseño cimentación restaurante.**

---

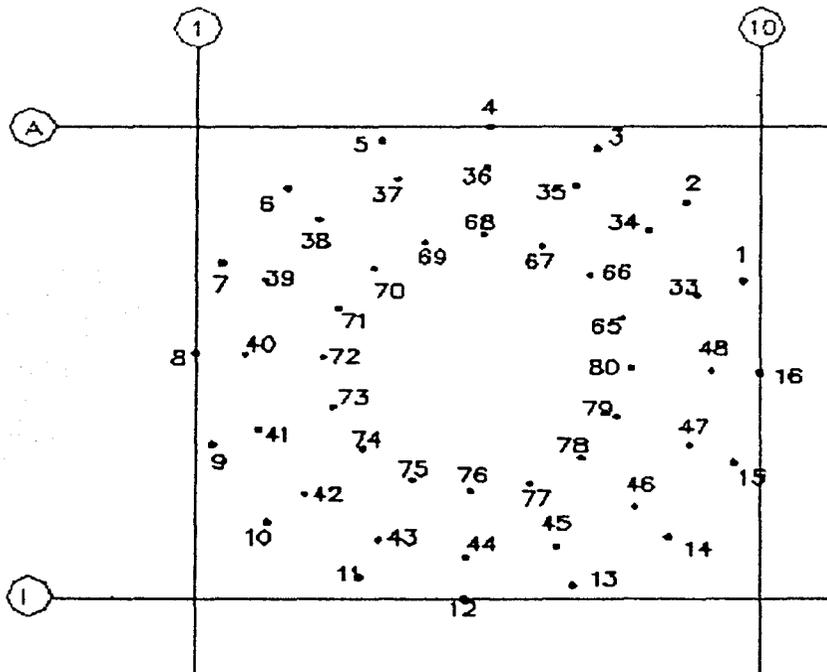
El restaurante del complejo se localiza, como se ha dicho, aproximadamente en el centro del mismo como a 200 metros del mar.

El restaurante es de forma circular con un diámetro externo de 56.01 m y una altura máxima de 28.65 m, esta conformado de la siguiente manera: el área total de nuestra edificación es de 2463.89 m<sup>2</sup>, existen tres niveles diferentes dentro del restaurante, el primero de ellos a un nivel N0+00 con respecto al suelo, sobre éste se desplanta un firme circular de concreto con diámetro de 56.01 m, sobre el cual, en su parte exterior, se apoyan 16 columnas circulares de 0.8 m de diámetro y 6.15 m de altura, en un segundo nivel a 3.00m con respecto al suelo con de diámetro 44.03 m se desplanta otro firme de concreto del mismo diámetro externo sobre el cual se apoyan nuevamente columnas circulares de 0.6 m de diámetro y una altura de 4.50 m, uniendo las columnas antes mencionadas descansa una trabe circular de concreto y sección 0.6 x 0.6 m. Existe un tercer firme circular de concreto localizado a 4.50 m sobre el nivel del terreno con diámetro exterior de 21.40 m sobre el cual se localiza un tercer grupo de columnas de diámetro 0.6 m y una altura de 15.40 m, uniendo a estas columnas existe otra trabe circular de concreto de sección 0.6 x 0.6 m. Asimismo existe una trabe inclinada de igual sección que une las dos trabes circulares que hasta ahora se han descrito. En la parte superior con un diámetro de 9.30 m y a una altura total de 28.65 m con respecto al suelo, se localiza una nueva trabe circular con la misma sección que las anteriores, la cual es unida a la trabe inferior circular por medio de trabes inclinadas de concreto de sección 0.6 x 0.6 m. Como techo se ha propuesto palma que cubre la totalidad de las trabes inclinadas descritas. Por último se colocan vigas de madera de 0.3 m de diámetro con fines arquitectónicos que simulan la estructura del techo de palma, asimismo existe cantera perimetral sobre la primera trabe mencionada. Cabe mencionar que todas las columnas y trabes se encuentran grabadas con motivos decorativos mayas. En resumen el restaurante esta construido a base de marcos de concreto con columnas de 0.6 m de diámetro y trabes de 0.6 m x 0.6 m de sección rectangular.

En total, existen tres trabes circulares, tres losas, 16 trabes inclinadas y 48 columnas; las columnas sirven como elementos que transmiten la carga de la súper - estructura a la cimentación. Los datos proporcionados por un estructurista nos muestran las reacciones de cada uno de estos apoyos, mismos

que nos servirán para el diseño de nuestra cimentación, las reacciones se pueden apreciar en el anexo número 7 del presente. Dicho cálculo se realizó en base a los planos arquitectónicos proporcionados, al peso muerto de los materiales que intervienen, a una carga viva correspondiente a "otros lugares de reunión (templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juegos y similares)", y a una presión por viento equivalente a vientos de 250 km/h.

La distribución de los apoyos del restaurante se muestran a continuación:



Una vez teniendo los sondeos del terreno y las reacciones de los apoyos de la estructura, podemos realizar hipótesis con respecto a cual sería la cimentación más conveniente para nuestro edificio tomando como referencia la cimentación que la tesis original de éste proyecto contempla, es decir, una losa de cimentación con trabes invertidas. Nuestra decisión tomará en cuenta el aspecto funcional y económico en la cimentación, es decir, no queremos una cimentación que sea sobrada y por lo tanto implique un mayor costo para el proyecto.

Intuitivamente sabemos que la cimentación más simple y más económica, es la cimentación superficial a base de zapatas aisladas. Dado que nuestro desplante es seguramente sobre roca caliza dura, y el espaciamiento entre nuestras columnas lo permite (para no tener que recurrir a zapatas corridas) proponemos como cimentación zapatas aisladas desplantadas a un metro de profundidad cuya sección será analizada poco más adelante. Sea cual fuese la cimentación que satisfaga económicamente las necesidades del proyecto, ésta debe cumplir con los requerimientos geotécnicos, es decir, que no presente falla alguna con respecto al peso de la súper - estructura que soportaremos.

Para diseñar cualquier cimentación que se proponga, se harán las siguientes hipótesis:

- a) Nuestra cimentación la desplantaremos inicialmente a un metro de profundidad por experiencias en otras edificaciones similares.
- b) A dicha profundidad según nuestros sondeos, nos encontramos con roca caliza dura.
- c) No existen cavidades próximas a nuestra profundidad de desplante de existir alguna, primeramente se sondearía para ver la profundidad y trazo de la misma y posteriormente se rellenaría con concreto.
- d) El nivel de aguas freáticas se encuentra por debajo de nuestra excavación, por lo tanto no será necesario bombeo alguno.
- e) El material de relleno que se utilizará será el sahcab que se encuentra en relativa abundancia dentro de la Isla de Cozumel. El sahcab es identificado como arena limosa en estado compacto, de baja compresibilidad.
- f) Dado que el estrato inferior es roca no existirán asentamientos instantáneos a diferencia de los suelos blandos como arcilla o limo.

Se muestran a continuación las propiedades de la caliza dura sobre la cual desplantaremos nuestra cimentación.

*Roca: Caliza.*

*Apariencia: Homogénea muy poco fisurada.*

*Textura: Densa, de grano fino, porosa.*

*Tonalidad: En general oscura, algunas rocas son claras.*

*Densidad ( $\rho$ ): 2.4 gr/cm<sup>3</sup>.*

*Porosidad: 14%.*

*Resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ): 50 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Resistencia a la tensión ( $\tau$ ): 90 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Resistencia al corte (s):* 105 kg/cm<sup>2</sup>.  
*RQD (Rock Quality Designation):* 25%.  
*Ángulo de fricción interna (φ):* 45°.  
*Cohesión aparente:* 205 kg/cm<sup>2</sup>.  
*Módulo de elasticidad (E):* 7.0 × 10<sup>5</sup> Kg/cm<sup>2</sup>.  
*Relación de Poisson (ν):* 0.25  
*Peso específico (γ):* 24 kN/m<sup>3</sup>.  
*Fisuras verticales en la roca:* Menos del 5%.  
*Fisuras horizontales en la roca:* No existe evidencia de su existencia.  
*Relleno en fisuras:* rellenos menores de 1 mm arcillosos de 1 a 2 cm.  
*Cohesión relleno:* 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.  
*Ángulo de fricción relleno:* 21°.  
*Esfuerzo normal relleno:* 18 kg/cm<sup>2</sup>.

Procedimiento para calcular las cimentaciones cuando se trata de zapatas aisladas:

Según el manual de diseño de obras civiles de la CFE en su tomo B.3.3 referente a cimentaciones se estipula lo siguiente:

- 1) Las cimentaciones en ningún caso deberán desplantarse sobre tierra vegetal, materiales sueltos o roca superficial muy alterada. La profundidad mínima de desplante en roca debe ser de 0.5 m bajo la superficie del terreno.
- 2) En el diseño de las cimentaciones en roca se considerarán, además de las acciones especificadas para otros tipos de estructuras (carga muerta, carga viva, cargas accidentales), el peso propio de los elementos estructurales de la cimentación.
- 3) Los parámetros de la roca que mayor influencia tienen en el diseño de una cimentación en roca son la resistencia al corte y la resistencia a la compresión simple o no confinada.
- 4) Capacidad de carga: En roca homogénea sana, se recomienda emplear como capacidad de carga un valor no mayor al cuarenta por ciento de la resistencia a la compresión no confinada medida en el laboratorio en un espécimen de roca intacta. En roca homogénea fisurada, puede emplearse la siguiente expresión:

$$q = k \times R_c$$

donde:

$q$  es la presión de contacto estructura - roca permisible en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

$R_c$  es la resistencia a la compresión uniaxial en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

$K$  es un coeficiente adimensional que depende del espaciamiento de las discontinuidades y la diferencia que puede existir entre la resistencia de la masa rocosa y la de especímenes ensayados en el laboratorio, el valor de  $k$  se muestra a continuación:

Espaciamiento de las discontinuidades	K
Mayor de 3 m.	0.40
De 1 a 3 m.	0.25
De 0.3 a 1m.	0.10

- 5) Las juntas verticales de dos a diez centímetros de abertura con o sin relleno de arcilla no afectan la capacidad de carga de la roca.
- 6) Para la roca con juntas horizontales se debe tomar en cuenta la existencia de éste tipo de discontinuidades empleando como capacidad de carga de la tercera a la quinta parte de la resistencia a la compresión no confinada medida en el laboratorio.
- 7) Los asentamientos en roca homogénea no tiene importancia práctica.

Por lo tanto, primeramente se considera una profundidad de desplante de 1.0m para satisfacer el inciso número 1, a continuación se calculará el peso de las zapatas de cada columna, acto seguido se calculará la capacidad de carga de nuestra roca y por último se compara la presión transmitida por nuestra estructura con la presión permitida por nuestra roca, la cual debe ser mayor que la mencionada primero. Con esto hemos finalizado el análisis de la capacidad de carga, ahora se procederá a revisar la zapata en sí, verificando si la sección propuesta es correcta, en caso de no serlo se propondrá una nueva sección, analizando nuevamente la capacidad de carga y la estabilidad de la

sección. Todos los cálculos antes descritos se pueden observar en el *anexo 8* del presente.

De los cálculos mostrados podemos concluir lo siguiente:

- Se emplearán zapatas aisladas rectangulares de sección rectangular de  $1.30 \times 1.30$  m en cada una de las columnas de la estructura.
- El nivel de desplante de la cimentación será a 1.00 m de profundidad, por lo que se excavarán 0.5 m en suelo blando y posteriormente 0.5 m en roca caliza dura.
- La capacidad de carga de la roca ( $50.00 \text{ kg/cm}^2$ ) es mucho mayor que la presión transmitida por la estructura, incluyendo la carga de la cimentación propia ( $3.06 \text{ kg/cm}^2$ ), por lo tanto no tendremos problemas de colapsos imprevistos o fallas drásticas en dicha cimentación.
- Con respecto a la falla por volteo con respecto al eje "y" y al eje "x" podemos ver que con la sección propuesta, nuestro porcentaje obtenido es mucho menor que el permisible por reglamento, es decir, para el eje "y"  $0.000231\% \ll 0.9\%$  y para el eje "x"  $0.00004\% \ll 0.9\%$ .
- Con respecto al efecto de penetración podemos decir que nuestro cortante obtenido es menor que los cortantes críticos, es decir,  $2.12 \text{ kg/cm}^2 < 5.66 \text{ kg/cm}^2$  y  $2.12 \text{ kg/cm}^2 < 11.31 \text{ kg/cm}^2$ .
- Asimismo, la sección propuesta para nuestras zapatas, según los cálculos realizados son correctos para la tensión diagonal que se presenta, es decir nuestro cortante crítico resistente es mayor que nuestro cortante último aplicado o transmitido,  $V_cR (4.72 \text{ ton}) > V_u (4.28 \text{ ton})$ .
- Por último revisando por flexión nuestra cimentación propuesta, podemos ver que el armado correcto de la misma, necesitará varillas de acero con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . distribuidas de la siguiente manera: varillas del número 4 ( $\frac{1}{2}$ " ) a cada 17 cm en el lecho inferior de la zapata y varillas del número 3 ( $\frac{3}{8}$ " ) a cada 23 cm en el lecho superior de la zapata como requerimiento por temperatura.

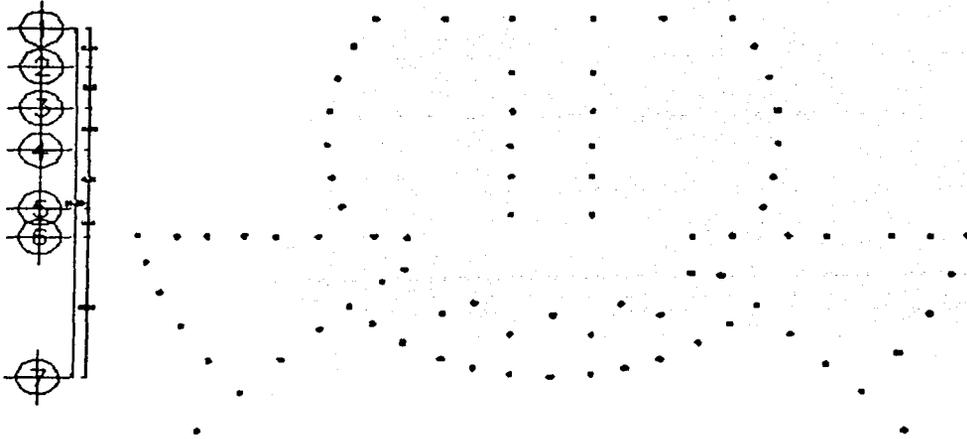
#### **IV.4 Propuestas y diseño cimentación acuario.**

---

El acuario del *Centro Eco - Turístico* se localiza sobre la playa teniendo una parte construida sobre tierra firme y otra de aproximadamente 12.65 m se encuentra dentro del mar a una profundidad máxima de 3m dentro de éste. La altura máxima del acuario es de 10.41 m.

El acuario es de forma irregular teniendo un área total de aproximadamente 545.73 m<sup>2</sup> de los cuales aproximadamente 220 m<sup>2</sup> se encuentran dentro del mar. La estructura se encontrará sumergida únicamente en el área antes mencionada a una profundidad máxima de tres metros, fuera de cualquier contacto con el océano se elevará en su totalidad hasta una altura máxima de 10.41 m y una altura promedio de 4.50 m. Al igual que el restaurante esta construido a base de marcos de concreto con columnas de 0.3 m de diámetro y traveses de 0.3 m x 0.3 m de sección rectangular. El resto de los muros no son de carga, sino únicamente servirán para unir las columnas y traveses que forman nuestros marcos. Existe cristal denominado duo - vent que nos proporcionan la vista hacia las aguas del caribe en cierta sección del acuario. Todo lo anterior se puede apreciar de manera más clara en los planos que se presentan en el capítulo II del presente.

Los datos proporcionados por un estructurista nos muestran las reacciones de cada uno de los apoyos del acuario, mismos que nos servirán para el diseño de nuestra cimentación, las reacciones se pueden apreciar en el anexo número 9 del presente. Dicho cálculo se realizó en base a los planos arquitectónicos proporcionados, al peso muerto de los materiales que intervienen, a una carga viva correspondiente a "otros lugares de reunión (templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juegos y similares)", a una presión por viento equivalente a vientos de 250 km/h, y al empuje del mar. A continuación se muestra la distribución de apoyos del acuario:



Una vez teniendo los sondeos del terreno y las reacciones de los apoyos de la estructura, podemos realizar hipótesis con respecto a cual sería la cimentación más conveniente para nuestro edificio tomando como referencia la cimentación que la tesis original de este proyecto contempla, es decir, una cimentación a base de pilotes de punta. Nuestra decisión tomará en cuenta el aspecto funcional y económico en la cimentación, es decir, no queremos una cimentación que sea sobrada y por lo tanto implique un mayor costo para el proyecto.

Intuitivamente al pensar en una cimentación dentro del mar pensamos en pilotes, pero una vez teniendo los sondeos del suelo en el cual el estrato de caliza dura llega en promedio hasta los 4.5 m, y sabiendo la profundidad mínima de nuestra estructura que es de 3 m vemos que para pilotear, necesitaríamos atravesar la capa de roca colocando pilotes de fricción en un suelo cuya resistencia es muy baja. Por lo antes expuesto, como opción plantearemos simplemente, como en el caso anterior, zapatas aisladas a una profundidad de desplante de 0.75 m, lo cual debe ser suficiente para recibir el peso total de la estructura asegurando un buen funcionamiento y economía. Sea cual fuese la cimentación que satisfaga económicamente las necesidades del proyecto, deben cumplir con los requerimientos geotécnicos, es decir que no presenten falla alguna con respecto al peso de la súper - estructura que soportaremos. Para diseñar cualquier cimentación propuestas, se harán las siguientes hipótesis:

- a) Nuestra cimentación la desplantaremos inicialmente a 0.75 metros de profundidad por experiencias en otras edificaciones similares.

- b) A dicha profundidad según nuestros sondeos, nos encontramos con roca caliza dura.
- c) No existen cavidades cercanas a esta profundidad, de existir alguna, primeramente se sondearía para ver la profundidad y trazo de la misma y posteriormente se rellenaría con concreto.
- d) El nivel de aguas freático se encuentra por debajo de nuestra excavación, por lo tanto no será necesario bombeo adicional.
- e) El material de relleno, en caso de requerirlo, que se utilizará será el sahcab que se encuentra en relativa abundancia dentro de la Isla de Cozumel. El sahcab es identificado como arena limosa en estado compacto, de baja compresibilidad.
- f) Dado que el estrato inferior es roca no existirán asentamientos instantáneos como sucede en suelos blandos como arcilla o limo.

Las propiedades de la caliza dura serán las mismas que en el inciso anterior.

De igual manera el procedimiento de diseño será análogo al diseño de la cimentación del restaurante. Los cálculos de dicho diseño se pueden ver en el anexo número 10 del presente.

De los cálculos realizados podemos estipular lo siguiente:

- Se emplearán zapatas aisladas rectangulares de sección rectangular de 1.00 x 1.00 m en cada una de las columnas de la estructura.
- El nivel de desplante de la cimentación será a 0.75 m de profundidad, por lo que se excavarán 0.5 m en suelo blando y posteriormente 0.25 m en roca caliza dura.
- La capacidad de carga de la roca ( 50.00 kg/cm<sup>2</sup>) es mucho mayor que la presión transmitida por la estructura, incluyendo la carga de la cimentación propia (1.81 kg/cm<sup>2</sup>) , por lo tanto no tendremos problemas de colapsos imprevistos o fallas drásticas en dicha cimentación.
- Con respecto a la falla por volteo con respecto al eje "y" y al eje "x" podemos ver que con la sección propuesta, nuestro porcentaje obtenido es mucho menor que el permisible por reglamento, es decir, para el eje "y" 0.000001% << 0.9% y para el eje "x" 0.00001% << 0.9%.

- Con respecto al efecto de penetración podemos decir que nuestro cortante obtenido es menor que los cortantes críticos, es decir,  $2.89 \text{ kg/cm}^2 < 5.66 \text{ kg/cm}^2$  y  $2.89 \text{ kg/cm}^2 < 11.31 \text{ kg/cm}^2$ .
- Asimismo, la sección propuesta para nuestras zapatas, según los cálculos realizados son correctos para la tensión diagonal que se presenta, es decir nuestro cortante crítico resistente es mayor que nuestro cortante último aplicado o transmitido,  $V_cR (3.83 \text{ ton}) > V_u (2.59 \text{ ton})$ .
- Por último revisando por flexión nuestra cimentación propuesta, podemos ver que el armado correcto de la misma, necesitará varillas de acero con  $f_y = 4200 \text{ kg / cm}^2$ . distribuidas de la siguiente manera: varillas del número 4 ( $\frac{1}{2}$ " ) a cada 22 cm en el lecho inferior de la zapata y varillas del número 3 ( $\frac{3}{8}$ " ) a cada 27 cm en el lecho superior de la zapata como requerimiento por temperatura.

# CAPITULO V: PAVIMENTOS.

## V.1 Introducción.

### Generalidades:

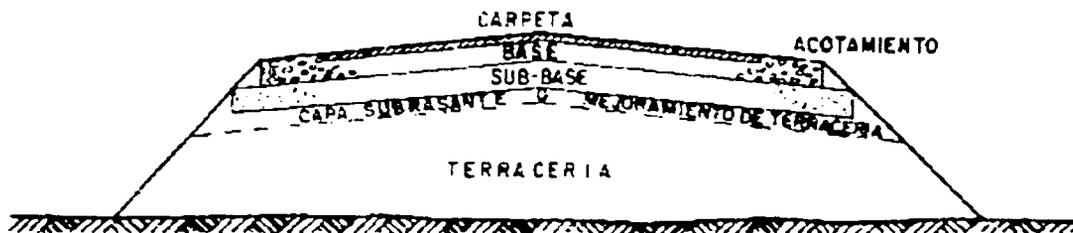
Como función estructural un pavimento (capa o capas comprendida(s) entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial), tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que ésta no se deforme de manera perjudicial.

Por subrasante se entiende la superficie de una terracería terminada, siendo ésta última el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial.

Existen actualmente dos tipos básicos de pavimentos: rígidos y flexibles.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, con recubrimiento bituminoso o sin él, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado (grava y arena). Los concretos usados son de resistencia relativamente alta, generalmente comprendida entre  $210 \text{ kg / cm}^2$  y  $350 \text{ kg / cm}^2$  a los 28 días. En general, se usa concreto simple y, ocasionalmente reforzado. Actualmente existe una tendencia al empleo de concreto presforzado. Las losas de concreto simple son de dimensiones pequeñas, del orden de 4 m a 8 m; estas dimensiones aumentan al usar algún refuerzo y llegan a los 100 m en concretos presforzados. Los espesores usados para las losas son del mismo orden usando o no refuerzo.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base; La calidad de éstas capas es descendente hacia abajo. En la siguiente figura se muestra un corte típico de un pavimento flexible en terraplén.



Sección típica de un pavimento flexible en terraplén

Aparte de los tipos de pavimentos mencionados existen actualmente otros como el semirígido que, esencialmente, es un pavimento flexible a cuya base se le ha dado una rigidez alta por la adición de cemento o asfalto (base negra) y el white-topping.

De lo anterior se puede concluir que en general, un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo cuando más cercanas se encuentran de la superficie de rodamiento; ello es, principalmente, por la mayor intensidad de los esfuerzos que le son transmitidos.

Para cumplir sus funciones, un pavimento debe de satisfacer ciertas condiciones básicas como: color y textura apropiados para evitar reflejos y deslumbramientos, además de garantizar una buena fricción con la llanta de los vehículos, poseer la resistencia apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar los embates de la acción del tránsito sin fallar y con deformaciones que no sean permanentes y que garanticen un tráfico en buenas condiciones, además de lo anterior, un pavimento debe de ser capas de soportar lo ataques del intemperismo y otros agentes erosivos o perjudiciales.

En otras palabras, debe de cumplir las siguientes funciones:

- Proporcionar la textura apropiada al rodamiento.
- Resistir la acción de las cargas proporcionadas por el tránsito tanto en magnitud como en su intensidad, sin sufrir cambios volumétricos o llegar a la falla.
- Ser estable ante los agentes del intemperismo.
- Reunir las condiciones adecuadas de permeabilidad para no disminuir la resistencia de alguna de sus capas.

Las características de resistencia y deformabilidad se satisfacen con una capa de material que se encargue de distribuir los esfuerzos de tal modo que a la subrasante lleguen en niveles tolerables, que no produzcan falla, ni asentamientos u otras deformaciones perjudiciales. Esta capa debe de estar formada por materiales friccionantes que son los más adecuados para llenar esta función estructural; ésta capa es la base en pavimentos flexibles. La losa de concreto en pavimentos rígidos cumple la misma función estructural.

La capacidad de carga de los materiales friccionantes es baja en la superficie por falta de confinamiento, razón por la que se requiere que sobre la base exista una capa de material cohesivo y con resistencia a la tensión; ésta es la carpeta asfáltica que tiene además que cubrir las condiciones de buena superficie de rodamiento ya señaladas. En los pavimentos rígidos la misma losa de concreto llena esta necesidad, por sus características de cohesión.

Puede observarse entonces que en pavimentos flexibles la característica requerida en la superficie es la cohesión, en tanto que en el interior del mismo, la característica deseada en la fricción.

### **Pavimentos, sus capas y funciones.**

#### **Pavimentos Flexibles:**

##### ***a) Sub-base***

Para muchos, una de las principales funciones de la sub-base de un pavimento, flexible es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría con un material de alta calidad, como el usado en la base, pero se prefiere hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una sub-base de menor calidad, aún cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total del pavimento, pues, naturalmente cuanto menor sea la calidad del material colocado será mayor el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

Otra función consiste en servir de transición entre el material de base, generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante. La sub-base, más fina que la base, actúa como filtro de esta e impide su incrustación en la subrasante.

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Otra función de la sub-base es la de actuar como un dren para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base procedente de la terracería.

### ***b) Base***

Hasta cierto punto existe en la base una función económica análoga a la discutida para el caso de la sub-base, pues permite reducir el espesor de la carpeta, más costosa, pero la función fundamental de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

### ***c) Carpeta***

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tráfico. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

## **Pavimentos Rígidos:**

### ***a) Base***

Sus funciones son análogas a las de la sub-base en un pavimento flexible y sirve también para proporcionar una superficie uniforme que sirva de apoyo a la losa y facilite su colado; protege también a la losa de cambios volumétricos en la subrasante, que de otra manera inducirían esfuerzos adicionales a aquella. Los efectos de bombeo y otros análogos, que después se mencionaran, pueden controlarse bastante bien con una base apropiada. En este caso la base no contiene ningún fin estructural, pues la losa debe ser suficiente para soportar las cargas; la base casi no influye en el espesor de la losa en caminos e influye poco en aeropistas.

### ***b) Losa***

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen.

## **Factores que afectan su diseño.**

Los factores que intervienen en el comportamiento de la sección estructural de un pavimento y por tanto en su diseño, son factores como: los agentes del intemperismo de la naturaleza y del hombre, las cargas de los vehículos, los materiales de construcción, las políticas de la SCT, los procedimientos a seguir, la topografía, el drenaje y sub - drenaje, etc. Sin embargo, los factores que afectan en forma predominante a un pavimento, pueden considerarse comprendidos en los siguientes cinco grupos:

### **Características de los materiales que componen la sección estructural del pavimento como la plasticidad, resistencia y deformación de estos.**

Los materiales que constituyen la terracería y la capa subrasante de un camino o aeropista juega un papel fundamental en el comportamiento y espesor requerido de un pavimento flexible e influyen poco en el espesor de la losa, pero bastante en su comportamiento, en un pavimento rígido. Por ello la determinación de las características del suelo que formará la terracería y la capa subrasante, en su caso, es vital.

Los métodos de exploración y muestreo de una obra vial pueden dividirse en dos tipos, según los objetivos que se persigan. En primer lugar es preciso conocer las características de los materiales con los que se formara la terracería. Hay dos modos clásicos de obtener material para este fin: por préstamo lateral y por préstamo de banco; en el primer caso el material de los terraplenes se obtiene de excavaciones laterales poco profundas a lo largo del camino y a relativa poca distancia de éste; en el segundo caso, naturalmente casi siempre más costoso, el material se acarrea de algún lugar donde exista en la cantidad y calidad requeridas.

En el primer caso, la exploración se realiza normalmente a partir de pozos a cielo abierto en el número y profundidad adecuados, de los que se extraen muestras alteradas que permitan clasificar el suelo, a fin de establecer su posibilidad de utilización en el cuerpo de la terracería.

El segundo tipo de exploración consiste en conocer las características del terreno de cimentación en que la obra vial estará colocada. Se explorarán especialmente aquellas zonas en que se sospeche la presencia de fuentes de problemas específicos.

### **a) El clima**

El principal factor climático que afecta a los pavimentos suele ser la precipitación pluvial, ya por su acción directa o por elevación de las aguas freáticas. Frecuentemente, el proyectista se ve obligado al diseño y construcción de estructuras adicionales de drenaje, aparte del drenaje normal que nunca podrá faltar en la obra vial o al empleo de diseños especiales para el pavimento.

Las heladas, en los climas rigurosos y en suelos susceptibles, pueden ser fuente de un gran número de problemas en pavimentos.

En México, sin embargo, esta situación no es crítica.

La temperatura y sus variaciones abruptas afectan los diseños, sobre todo en losas de concreto, pues inducen esfuerzos muy importantes en tales estructuras.

### **b) El tránsito**

#### **b.1) Tipos de Vehículos.**

Para poder hacer una clasificación de los vehículos, haremos uso del concepto TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual) que se define como el número de vehículos que pasan por un lugar durante un año, dividido entre el número de días del año.

Para definir los tipos de vehículos que circulan por una vía terrestre se usa la siguiente clasificación atendiendo a su clase:

CLASE	NOMENCLATURA
Automóvil	A
Autobús	B
Camión	C
Tractor	T
Semiremolque	S
Remolque	E

Atendiendo a su número de ejes la clasificación es como la siguiente:

Tipo A	Corresponden a los automóviles y a los camiones ligeros con capacidad de hasta 3 ton. Denominados A <sub>2</sub> y A' <sub>2</sub> respectivamente.
Tipo B	Autobuses de dos, tres y cuatro ejes denominados B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> y B <sub>4</sub> , respectivamente.

Tipo C	Son los camiones de dos a cuatro ejes $C_2$ , $C_3$ y $C_4$ así como los tractores de dos y tres ejes $T_2$ , $T_3$ con semiremolque de uno a tres ejes $S_1$ , $S_2$ y $S_3$ , es decir, $T_2-S_1$ , $T_2-S_2$ , $T_3-S_3$ , los camiones de dos y tres ejes $C_2$ y $C_3$ con remolque de dos y tres ejes $R_2$ y $R_3$ , ósea $C_2-R_2$ , $C_3-R_3$ y los tractores con semiremolque y remolque cuyas combinaciones autorizadas son $T_2-S_1-R_2$ , $T_2-S_2-R_2$ , $T_3-S_1-R_2$ , $T_3-S_2-R_2$ , $T_3-S_2-R_3$ y $T_3-S_2-R_4$ .
--------	--

De datos de vialidad en el ámbito nacional, podemos decir que la mayoría de los vehículos que pasan por un lugar, corresponde al tipo A. Pero cada día, la cantidad de automóviles que circulan por las carreteras es mayor, lo que propiciara que en algún momento el volumen máximo de tránsito sea rebasado, saturando la sección y obligando a construir carriles adicionales, pero además esto produce un envejecimiento acelerado del pavimento.

b.2) Disposición de las llantas y cargas correspondientes.

La disposición autorizada para los diferentes tipos de vehículos es la siguiente:



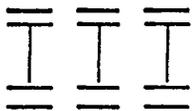
- Ejes sencillos con llantas sencillas



- Ejes sencillos con llantas dobles o cuatro llantas o eje sencillo dual.



- Eje doble con llantas dobles u ocho llantas; eje dual en tándem.



- Eje triple con 12 llantas o eje triple dual.

Y sus cargas máximas son las siguientes:

TIPO DE EJE	PESO AUTORIZADO (KG) PARA UN CAMINO TIPO A
Un eje sencillo con dos llantas	5,500
Un eje sencillo con cuatro llantas	10,000
Dos ejes en tándem con dos llantas en cada eje	4,500 / eje
Dos ejes en tándem con cuatro llantas cada eje	9,000 / eje
Tres o más ejes sencillos con cuatro llantas cada eje	7,500 / eje

Un camino Tipo A es el que permite el tránsito de todos los vehículos cuyas máximas dimensiones y peso por eje están autorizadas.

Cabe mencionar que el daño o fatiga que cause un eje sencillo, al pasar por una sección, no es el mismo que el de un eje dual en tándem o el de un eje triple dual, además de que la influencia de la distribución de esfuerzos con la profundidad será mayor en los ejes triples o dobles que en el sencillo.

### b.3) Coeficiente de equivalencia de daño.

La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), después de haber realizado diferentes tramos de prueba, encontró que los coeficientes de equivalencia de daño en la superficie con respecto al daño que produce un eje estándar, están dados por la siguiente expresión:

$$F = \left( \frac{\text{carga/eje real}}{\text{carga/eje estándar}} \right)^4$$

El eje estándar es igual al eje equivalente.

La Western Association of State Highway Officials (WASHO), eligió como cargas de un eje equivalente a las de 18,000 lb o sea 8.2 ton métricas y, para eje en tándem, a la correspondiente a 32,000 lb o sea 15 ton métricas, por ser éstos los pesos más usuales.

Para ejes sencillos, si  $L_s$  es la carga por eje real, la expresión es:

$$F = \left( \frac{L_s}{8.2} \right)^4 : L_s, \text{ en ton.}$$

En el caso de ejes en tándem si  $L_T$  es la carga por eje real en tándem la expresión se convierte en:

$$F = \left( \frac{L_T}{15} \right)^4 : L_T \text{ en ton.}$$

También puede afirmarse que para igualdad de daño:

$$L_T = 1.8 L_s$$

Los coeficientes de daño para diferentes tipos de vehículos, se proporcionan a continuación:

$A_2$	.00004
$A'_2$	0.048
$B_2$	2.414
$C_2$	2.414
$C_3$	2.276
$T_2-S_1$	4.626
$T_2-S_2$	4.488
$T_3-S_2$	4.350
$T_3-S_3$	4.375

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, también a realizado estudios obteniendo coeficientes de daño para diferentes vehículos, a diferentes profundidades, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Vehículo	Coeficiente de daño por transito			
	Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm
A <sub>2</sub>	0.004	0.000	0.000	0.000
A' <sub>2</sub>	0.536	0.064	0.023	0.015
B <sub>2</sub>	2.000	1.890	2.457	2.939
B <sub>3</sub>	1.999	1.369	0.877	0.852
B <sub>4</sub>	2.666	1.219	0.752	0.753
C <sub>2</sub>	2.000	1.890	2.457	2.939
C <sub>3</sub>	3.000	2.817	2.457	2.940
C <sub>4</sub>	4.000	2.771	2.456	2.937
T <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	3.000	3.431	4.747	5.759
T <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	4.000	4.358	4.747	5.760
T <sub>3</sub> -S <sub>2</sub>	5.000	5.285	4.747	5.761
T <sub>3</sub> -S <sub>3</sub>	6.000	5.239	4.746	5.758
C <sub>2</sub> -R <sub>2</sub>	4.000	4.972	7.037	8.579
C <sub>3</sub> -R <sub>2</sub>	5.000	5.899	7.037	8.580
C <sub>3</sub> -R <sub>3</sub>	6.000	6.826	7.037	8.581
T <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>	5.000	6.513	9.327	11.399
T <sub>2</sub> -S <sub>2</sub> -R <sub>2</sub>	6.000	7.440	9.327	11.400
T <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>	6.000	7.440	9.327	11.400
T <sub>3</sub> -S <sub>2</sub> -R <sub>2</sub>	7.000	8.367	9.327	11.401
T <sub>3</sub> -S <sub>2</sub> -R <sub>3</sub>	8.000	9.294	9.327	11.401
T <sub>3</sub> -S <sub>3</sub> -R <sub>3</sub>	9.000	10.221	9.327	11.403

Del análisis de esta tabla se puede afirmar lo siguiente:

Los coeficientes de daño bajo carga máxima se incrementan a medida que aumenta el peso de los vehículos. Por ejemplo, para Z = 0, sobre la superficie de rodamiento, el coeficiente de daño para el vehículo A<sub>2</sub> es de 0.004 y para la misma profundidad, para el vehículo T<sub>3</sub>-S<sub>3</sub>, el coeficiente de daño bajo carga es de 6.00. es decir, que se requieren 1,500 vehículos A<sub>2</sub> para provocar el mismo daño que un solo vehículo T<sub>3</sub>-S<sub>3</sub>.

En general, los coeficientes de daño para autobuses y camiones se incrementan con la profundidad; es decir, el coeficiente de daño de un vehículo T<sub>3</sub>-S<sub>2</sub> para Z = 0 es de 5.0, en cambio, para Z = 60 cm, es de 5.761; es decir que el mayor daño no se produce en la superficie de rodamiento, sino a 60 cm de profundidad, que es donde generalmente se encuentra la capa subrasante o el cuerpo del terraplén.

#### b.4) Repetición de cargas.

En caminos, la vida útil de la obra representa millones de repeticiones.

El efecto de las repeticiones es tal que los espesores de pavimento en caminos y aeropistas pueden ser del mismo orden, a pesar de las cargas mucho mayores aplicadas a las segundas, por el mucho mayor número de repeticiones que se producen en los caminos.

Un efecto importante de la repetición de cargas en pavimentos rígidos es la fatiga del concreto bajo tal condición de carga, siendo menos importante en pavimentos flexibles, pero en éstos la repetición de la carga produce o bien deformaciones acumuladas de carácter plástico o rebote elástico, en suelos susceptibles a ello.

En general, se ha visto que el deterioro que sufre un pavimento por la repetición de la carga sigue una ley logarítmica con el número de repeticiones de dicha carga; las primeras repeticiones son de gran efecto y este va disminuyendo cuando el número de repeticiones aumenta.

En los materiales de base las repeticiones producen trituración de las partículas e interpenetración en las capas inferiores. En los suelos bajo la subrasante la resistencia y el módulo de deformación aumentan con las repeticiones de carga; éste es un efecto benéfico.

En los pavimentos rígidos existe un efecto que por su frecuencia e indeseabilidad merece una mención especial. Cuando la carga pasa sobre una grieta o junta de la losa, ésta desciende y transmite presión al material bajo ella. Si este material está muy húmedo o saturado, la mayor parte de ésta presión la tomará el agua, que tiende a escapar por la grieta o junta. Después de pasar la carga, la losa se recupera y levanta y éste movimiento produce succión que ayuda al movimiento de agua bajo la losa. Si el agua tiene capacidad de arrastrar partículas del suelo, saldrá sucia, creando progresivamente un vacío bajo la losa, que tiende a hacer que el fenómeno se acentúe; además, el remoldeo que éste efecto produce al suelo tiende a hacer que éste forme un lodo o una suspensión con el agua, con lo que el fenómeno se agudiza. El fin del

proceso es la ruptura bajo carga, por falta de sustentación. Este efecto recibe el nombre de *bombeo*.

### c) Factores económicos.

En la planeación, diseño, construcción, y administración de un pavimento, se deben de tomar en cuenta los siguientes costos:

- Costos de construcción o inversión inicial.
- Costos de conservación.
- Costos de operación.
- Costos de accidentes.

Por lo que es de vital importancia el emplear materiales adecuados en la sección estructural debido a que de ésta manera se evitará el aumento en los costos de conservación y operación, sino que además la seguridad propiciará la disminución en los gastos por accidentes.

## **Evaluación de la carretera**

### **Evaluación:**

Para conocer el estado de la sección estructural de una carretera es necesario realizarle una evaluación, para conocer los materiales con que esta construido, cómo esta construido y cómo se comporta. El grado en que estos conceptos son adecuados, se refleja en las condiciones de la superficie de rodamiento y por consiguiente en la capacidad de servicio del pavimento. Es necesario distinguir entre capacidad de servicio de la carretera y capacidad de servicio del pavimento, siendo la primera la que se refiere al volumen de tránsito que puede circular por una carretera, y la segunda la que se refiere a conducir ese volumen en forma cómoda, segura y económica, esto es, la capacidad del pavimento es función del estado de la superficie de rodamiento.

Existen dos tipos de evaluación: evaluación cualitativa y evaluación cuantitativa. Se entiende por evaluación cualitativa la que se realice tomando en cuenta la comodidad y seguridad del usuario en forma subjetiva por medio del concepto de calificación actual el cual mide el grado de comodidad que proporciona un pavimento. El otro tipo de evaluación es el que se realiza en forma objetiva, utilizando dispositivos que miden físicamente y valoran numéricamente diversos conceptos como son los deterioros o fallas, las deformaciones, resistencias al deslizamiento, deflexiones, etc.

Dentro de la evaluación cuantitativa se utilizan dos métodos en general que son los destructivos y los no destructivos.

### **Métodos utilizados para realizar una evaluación**

Como se mencionó anteriormente, el estado de la superficie de rodamiento es el factor fundamental en la capacidad de servicio de un pavimento, lo que quiere decir que cuando un pavimento falla (funcional y estructuralmente), la capacidad de servicio del pavimento se ve afectada inversamente proporcional, o sea, a mayor grado de falla menor capacidad de servicio del pavimento.

### **Tipos y causas de falla**

Las fallas de las secciones estructurales con pavimentos flexibles, se pueden originar por varias razones, como son: mal diseño, mala construcción, empleo de materiales inadecuados, y específicamente por consolidación o esfuerzos cortantes en la terracería, subrasante o alguna capa en el pavimento. Generalmente, cuando la falla es por consolidación, se origina una depresión en el lugar por donde acostumbran pasar las ruedas de los vehículos. Cuando la falla es por cortante en las terracerías o subrasante se origina esa misma depresión, pero el material en la superficie a una cierta distancia de la huella de la rodad de los vehículos se levanta o (bufa); si la falla por cortante se produce en la superficie, ocurre lo mismo, sólo que el bufamiento se localiza muy cerca de las huellas de los vehículos, empero, para conocer con más exactitud la causa de la falla, es conveniente realizar un análisis más detallado, que puede ser por medio de trincheras o sondeos en el pavimento, solo que ésta prueba es destructiva.

También se originan las fallas por comportamientos inadecuados de la carpeta o riego de sello.

*Falla de piel de cocodrilo o de mapa.* es un tipo de agrietamiento que figura la piel del cocodrilo y se debe a las siguientes causas:

- Movimientos verticales excesivos de las capas subyacentes a la carpeta.
- Fatiga de la carpeta.

Originados por capas de apoyo resilientes, mal compactadas o con espesores inadecuados.

*Falla de resistencia de capas subyacentes (Roderas).* se puede producir en una o varias capas del pavimento y se debe a deficiencias de compactación o a materiales degradables.

*Falla por cortante:* tienen su origen en la falla de cohesión y fricción interna de la subestructura, se les conoce por el bufamiento a los lados de la rodada; cuando los acotamientos no están bien contruidos o diseñados, ésta falla ocurre en la rodada exterior.

*Falla longitudinal:* son grietas paralelas al eje del camino que aparecen a poca distancia del borde del pavimento y que suelen acompañarse con ramificaciones trasversales hacia los acotamientos; se originan por falta de soporte lateral, asentamiento de los terraplenes, cambios de humedad y temperatura o uso de materiales con alta contracción. Esta grieta también puede aparecer en la carpeta o en la junta entre la carpeta y el acotamiento por causa de un mal proyecto, o sea, no dar a los acotamientos el ancho suficiente para que la grieta se produzca en ellos.

*Falla de adherencia:* se manifiesta por corrimientos en el sentido del tránsito y/o desprendimientos de la capa superior, que pueden ocurrir entre la base y la carpeta o la carpeta y la sobrecarpeta, debidos a falta de ligue entre las capas.

*Grietas reflejadas:* este tipo de fallas ocurre solo en las sobrecarpetas y son la reflexión de grietas de un pavimento antiguo en la misma sobrecarpeta. En estas es necesario cuidar que no permitan infiltraciones de agua por medio de sellados.

*Grietas de contracción:* se presentan solo en la carpeta y se deben en su mayor parte, a cambios volumétricos debidos a la temperatura en las mezclas asfálticas con granulometrías finas. Se caracterizan por estar interconectadas entre sí y formar grandes áreas, por lo general con ángulos agudos y esquinas.

*Fallas trasversales:* también se les conoce como de tabla de lavadero y son ondulaciones pequeñas trasversales al eje del camino que se producen en la superficie de rodamiento. Se originan por inestabilidad de las mezclas o derramamiento de diesel o aceite en la carpeta, así como procedimientos de construcción deficientes.

*Depresiones en la superficie de rodamiento:* son asentamientos en zonas pequeñas, aisladas y pueden ser originadas por tráfico que excede al diseñado y hundimientos de las capas inferiores o defectos de construcción.

*Desintegración de las carpetas:* Es la destrucción de las mismas en pequeños fragmentos sueltos que se conocen como hoyancos y calaveras. Se deben a zonas débiles por falta de asfalto, superficies de desgaste delgadas, exceso o falta de finos, mal drenaje, mala construcción, uso de materiales degradables, poca afinidad de los pétreos y el asfalto, falta de limpieza de los

agregados. El proceso puede avanzar de la superficie hacia abajo y de las orillas al centro, llamándose erosión.

*Pavimento resbaloso:* es la falla consistente en que la superficie de rodamiento no sea ya antiderrapante y por lo tanto sea insegura. Las razones por lo que esto sucede, son:

- Excedencia o afloramiento del asfalto de la mezcla.
- Pulido de los pétreos de la superficie.

*Fallas por consolidación o movimientos del terreno de cimentación.* Éstas se manifiestan por depresiones o abultamientos en zonas grandes aisladas y pueden ser indicios de posibles fallas de talud, por lo que hay que investigarlas. Empiezan con el agrietamiento longitudinal o semicircular de la superficie de rodamiento y termina con las depresiones o abultamientos que se reflejan en la carpeta.

*Fallas por condiciones adversas del agua y el nivel freático:* el agua en exceso dentro del pavimento, reduce sus características de calidad y resistencia y puede volverlo peligroso, cuando los materiales empleados en su construcción son inestables o se genera una sub-presión. Por ejemplo, si el agua llega a las terracerías o la subrasante y el material de estos es expansivo, el resultado es fatalmente predecible.

### **Métodos para valorar el estado de la superficie del pavimento**

Al realizar la evaluación se puede hacer revisando lo siguiente:

- a) Estado de la superficie de rodamiento del pavimento.
- b) Estado y comportamiento de la sección estructural.
- c) Estado y comportamiento de las obras de drenaje y sub-drenaje.

El primer concepto, se evalúa por medio del índice de servicio o la calificación actual que son métodos cuantitativo y cualitativo respectivamente. El término del inciso b) se valora por medio de pruebas en el lugar (destruktivas y no destruktivas) y pruebas en el laboratorio para determinar deflexiones, espesores, grados de compactación, calidad y resistencias de las diversas capas.

El último concepto, se evalúa por medio de observaciones hechas en el lugar y preguntando a la gente que habita la zona, además, si se requiere, por estudios topo hidráulicos completos. Con esto se determina si las obras de drenaje son suficientes para las condiciones imperantes en el lugar.

El sub-drenaje es un factor de la sección estructural que cuando se construye no se ve, pero su inexistencia es apreciable en el pavimento por los efectos que causa.

### Calificación actual

Es la manera de evaluar el estado de la superficie de rodamiento en forma subjetiva, esto es, el grado de comodidad de viaje que tiene el usuario al transitar sobre un pavimento, éste es un método cualitativo. Ésta calificación se basa en el principio de que un grupo determinado de personas circule por algún camino dividiéndolo en tramos con condiciones homogéneas o si hay algún tramo especial tomar un sub-tramo, y calificarlo considerando que se tuvieran que recorrer 500 km de carretera con el mismo estado superficial de la que se analiza.

La escala de calificación de la superficie del pavimento es la siguiente:

Calificación	Estado del pavimento
4 - 5	Excelente o muy bueno
3 - 4	Bueno
2 - 3	Regular
1 - 2	Malo
0 - 1	Muy malo

Se considera que el juicio de las personas que realicen la calificación es representativa de los usuarios en general y de acuerdo a las experiencias, se ha visto que un grupo de cinco personas es apropiado, con un error de  $\pm 0.5$ , lo cual es aceptable, no obstante, si se requiere mayor precisión hay que aumentar el número de personas calificadoras o usar un método directo o cuantitativo.

Al resultado obtenido de manera subjetiva se le puede equiparar con el índice de servicio actual mencionado antes, y no es tan caro y complicado.

Por otra parte, como el recorrido lo debe efectuar el grupo de personas en una vez por cuestión económica se debe procurar que el criterio de un calificador no sea influenciado por la opinión de otro y se recomienda que cada calificador lleve su propio registro. Una vez que los calificadores realicen el recorrido, se tomarán todos los resultados y se sacará el promedio de la siguiente manera:

$CA = X = \Sigma (x/n)$  donde:

CA = X : calificación actual

x : valores de las calificaciones individuales de cada integrante del grupo  
 n : numero de integrantes del grupo

De esta manera se puede establecer el nivel de servicio en el que se encuentra la superficie del pavimento y si es aceptable o no. A este respecto se ha establecido un límite en el cual un pavimento tiene que ser reparado, a este límite se le llama de rechazo cuyo valor es de 2.5 en la escala antes mencionada y ningún pavimento debe tener una calificación menor a este límite.

Existen varios formatos para realizar la evaluación antes mencionada, a continuación se presenta uno de ellos:

CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO										
Carretera : Tramo: Origen:		FECHA DEL LEVANTAMIENTO: PARA: Tesis de licenciatura.								
Kilometraje	De		Km	Km	Km.	Km.	Km	Km.	Km.	
	A		Km	Km	Km	Km.	Km	Km.	Km	
Calificación Actual del Pavimento		5								
		4								
		3								
		2								
		1								
		0								
Manifiesto de deterioro del pavimento	Calificación									
	Grietas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal							
			Transversal							
		Cpo izquierdo	Piel de cocodrilo							
			Longitudinal							
	Baches en % de la sup.	Abiertos	Transversal							
			Piel de cocodrilo							
		Tapados	Calavereo							
			Bache							
	Deformación	Longitudinal %								
Transversal %										
Recomendaciones p / pav	Zona litorada % de la longitud									
	Conservación									
	Rehabilitación									
Reconstrucción										
Calificación de severidad.										
Muy ligera	1									
Ligera	2									
Moderada	3									
Severa	4									
Muy Severa	5									
Observaciones:										

## **V.2 Análisis del pavimento existente.**

---

Para realizar la evaluación del pavimento en la carretera que va de Cozumel a Mescalitos en toda su longitud (14 km) se utilizó un método cualitativo llamado "calificación actual de la carpeta del pavimento" (mismo que se ha descrito en el inciso anterior del presente capítulo), posteriormente se realizó un levantamiento de deterioros y finalmente un levantamiento fotográfico indicando algunas de las fallas presentes en la carretera. Se escogió este método ya que resulta económico, fácil de implementar con el equipo con el que se cuenta y nos garantiza una aproximación aceptable sobre el estado de la carpeta asfáltica existente en el tramo mencionado.

Como se ha mencionado con anterioridad para obtener la calificación actual del pavimento se utilizó un vehículo convencional compacto a una velocidad promedio de 60 km/h dentro del cual se encontraban cinco pasajeros:

Piloto: Alejandro Herrera C. (pasante ingeniería civil)  
Copiloto: Sergio Aguilera G. (pasante ingeniería civil)  
Pasajeros: Arq. Catalina G. Nieto A. (Arquitecta)  
Hugo R. Pérez M. (pasante arquitecto)  
Ing. Edgar Barreda R. (Ingeniero en sistemas electrónicos)

Cada uno de los pasajeros arriba mencionados llenó un formato y proporcionó una calificación de la carpeta del pavimento después de recibir una breve explicación. Con las cinco calificaciones se obtuvo un promedio mismo que sirve para dar la calificación final de la prueba de calificación actual.

Para el levantamiento de deterioros y levantamiento fotográfico, tanto el piloto como el copiloto recorrieron en el mismo vehículo a una velocidad promedio de 20 km/h la carretera haciendo escalas en los puntos que a su criterio se debían fotografiar.

El estado actual de la carretera Cozumel - Mescalitos, se puede apreciar en las siguientes fotografías:



Acceso carretera Cozumel-Mezcalitos



Carretera Cozumel-Mezcalitos km 4



Carretera Cozumel-Mezcalitos km 11

A continuación se presentan los formatos utilizados con los resultados obtenidos para evaluar la carretera. Los cinco primeros muestran las calificaciones de cada uno de los pasajeros, dos de ellos contienen el levantamiento de deterioros. El sexto es el resumen o promedio de los anteriores y en base al cual calificaremos la carpeta de la carretera Cozumel-Mezcalitos.

Piloto:

**CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO**

FECHA DEL LEVANTAMIENTO: 02 de agosto de 2001

Carretera: Cozumel - Mezcaltitlan  
Tramo: km 0 a km 14  
Origen: Cozumel

PARA: Tests de Muestreo.

Kilometraje		De		Km 0.0	Km 1.0	Km 2.0	Km 3.0	Km 4.0	Km 5.0	Km 6.0	Km 7.0	Km 8.0	Km 9.0	Km 10.0	Km 11.0	Km 12.0	Km 13.0	Km 14.0		
A				Km 1.0	Km 2.0	Km 3.0	Km 4.0	Km 5.0	Km 6.0	Km 7.0	Km 8.0	Km 9.0	Km 10.0	Km 11.0	Km 12.0	Km 13.0	Km 14.0			
Calificación Actual del Pavimento			5																	
			4																	
			3																	
			2																	
			1																	
		0																		
Calificación				4.0	4.0	3.1	3.1	2.8	2.7	3.5	2.7	3.1	2.7	3.0	3.4	2.8	2.8			
Manifiesto de deterioro del pavimento	Grietas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal	50.0	40.0	10.0	8.0	6.0	11.0	6.0	7.0	5.0	7.0	9.0	48.0	5.0	5.0			
			Transversal	40.0	20.0	5.0	4.0	0.0	5.0	4.0	6.0	3.0	5.0	4.0	40.0	2.0	2.0			
		Cpo izquierdo	Piel de cocodrilo	80.0	90.0	65.0	60.0	45.0	55.0	45.0	50.0	42.0	49.0	63.0	75.0	45.0	45.0			
			Longitudinal	55.0	35.0	8.0	7.0	5.0	9.0	6.0	8.0	6.0	6.0	7.0	40.0	5.0	5.0			
	Baches en % de la sup	Tapados	Transversal	35.0	30.0	4.0	3.0	0.0	5.0	3.0	7.0	5.0	7.0	3.0	30.0	2.0	2.0			
			Piel de cocodrilo	83.0	90.0	60.0	60.0	40.0	55.0	40.0	50.0	38.0	50.0	59.0	80.0	40.0	40.0			
	Deformación	Abiertos	Calavereo	20.0	20.0	10.0	6.0	6.0	9.0	7.0	9.0	7.0	8.0	9.0	18.0	5.0	5.0			
			Bache	10.0	15.0	8.0	7.0	4.0	9.0	5.0	6.0	5.0	7.0	7.0	12.0	4.0	4.0			
		Bache	Calavereo	10.0	8.0	5.0	5.0	3.0	5.0	4.0	6.0	3.0	6.0	5.0	9.0	3.0	3.0			
			Bache	5.0	6.0	4.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	2.0	2.0			
	Zona flojada % de la longitud	Longitudinal %	2.0	5.0	25.0	5.0	4.0	6.0	4.0	4.0	3.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0				
		Transversal %	2.0	3.0	60.0	3.0	0.0	2.0	1.0	4.0	1.0	4.0	4.0	3.0	1.0	1.0				
Recomendaciones		Conservación																		
		Rehabilitación																		
		Reconstrucción																		
Calificación de severidad		Muy ligera	1																	
		Ligera	2																	
		Moderada	3																	
		Severa	4																	
		Muy Severa	5																	
Observación																				

**Copiloto:**

**CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO**

FECHA DEL LEVANTAMIENTO: 02 de agosto de 2001

Carretera : Cozumel - Mezcaltitos  
Tramo: km 0 a km 14  
Origen: Cozumel

PARA: Tests de licenciatura.

Kilometraje		De		Km 0 0	Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0	
A				Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0		
Calificación Actual del Pavimento	5																		
	4																		
	3																		
	2																		
	1																		
0																			
Calificación				45	44	32	30	28	25	34	28	32	26	29	35	27	27		
Manifiesto de deterioro del pavimento	Grietas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal	54.0	48.0	13.0	10.0	6.0	12.0	8.0	10.0	6.0	8.0	9.0	46.0	6.0	7.0		
			Transversal	45.0	24.0	6.0	5.0	1.0	7.0	5.0	2.0	6.0	4.0	42.0	3.0	4.0			
			Phel de cocodrilo	84.0	90.0	68.0	82.0	45.0	57.0	48.0	50.0	45.0	52.0	63.0	79.0	48.0	47.0		
		Cpo izquierdo	Longitudinal	59.0	40.0	10.0	9.0	6.0	10.0	8.0	9.0	7.0	9.0	7.0	42.0	7.0	7.0		
			Transversal	35.0	33.0	4.0	4.0	1.0	7.0	4.0	7.0	5.0	8.0	3.0	33.0	3.0	4.0		
			Phel de cocodrilo	86.0	90.0	85.0	84.0	45.0	62.0	45.0	55.0	40.0	52.0	59.0	82.0	45.0	44.0		
	Baches en % de la sup.	Abiertos	Calavereo	24.0	22.5	12.0	10.0	7.0	11.0	8.0	10.0	8.0	10.0	9.0	18.0	6.0	7.0		
			Bache	15.0	15.0	11.0	8.0	8.0	11.0	8.0	7.0	6.0	8.0	7.0	10.0	5.0	6.0		
		Tapados	Calavereo	15.0	15.0	6.0	6.0	3.0	6.0	4.0	7.0	4.0	9.0	5.0	11.0	4.0	5.0		
			Bache	7.0	6.0	5.0	3.0	2.0	3.0	1.0	4.0	5.0	4.0	3.0	7.0	3.0	4.0		
	Deformación	Longitudinal %		3.0	5.0	30.0	7.0	6.0	7.0	4.0	5.0	5.0	3.0	5.0	6.0	5.0	5.0		
		Transversal %		2.0	4.0	85.0	4.0	0.0	1.0	1.0	4.0	2.0	5.0	4.0	5.0	2.0	3.0		
Zona llorada % de la longitud			65.0	43.0	42.0	34.0	31.0	48.0	35.0	42.0	34.0	43.0	30.0	57.0	32.0	33.0			
Recomendaciones	Conservación																		
	Rehabilitación																		
	Reconstrucción																		
Calificación de severidad																			
Muy ligera			1																
Ligera			2																
Moderada			3																
Severa			4																
Muy Severa			5																
Observación:																			

# Pasajero 1

CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO																
FECHA DEL LEVANTAMIENTO: 02 de agosto de 2001																
Carratera : Cozumel - Mezcalitos																
Tramo: km 0 a km 14																
Origen: Cozumel																
PARA: Tests de filancaitura.																
Kilometraje	De		Km. 0 0	Km. 1 0	Km. 2 0	Km. 3 0	Km. 4 0	Km. 5 0	Km. 6 0	Km. 7 0	Km. 8 0	Km. 9 0	Km. 10 0	Km. 11 0	Km. 12 0	Km. 13 0
	A		Km. 1 0	Km. 2 0	Km. 3 0	Km. 4 0	Km. 5 0	Km. 6 0	Km. 7 0	Km. 8 0	Km. 9 0	Km. 10 0	Km. 11 0	Km. 12 0	Km. 13 0	Km. 14 0
Calificación Actual del Pavimento		5														
		4														
		3														
		2														
		1														
	0															
	Calificación		37	36	30	30	27	25	32	28	30	26	29	31	25	25
Manifiesto de deterioro del pavimento	Grietas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal													
			Transversal													
		Piel de cocodrilo														
	Cpo izquierdo	Longitudinal														
		Transversal														
		Piel de cocodrilo														
	Bachos en % de la superficie	Abiertos	Celavereo													
			Bache													
		Tapados	Celavereo													
			Bache													
Deformación	n	Longitudinal %														
		Transversal %														
	Zona floreada % de la longitud															
Recomendaciones	Conservación															
	Rehabilitación															
	Reconstrucción															
Calificación de severidad:																
Muy ligera 1																
Ligera 2																
Moderada 3																
Severa 4																
Muy Severa 5																
Observaciones:																

# Pasajero 2

## CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO

FECHA DEL LEVANTAMIENTO: 02 de agosto de 2001

Carretera: Cozumel - Mezcalitote  
 Tramo: km 0 a km 14  
 Origen: Cozumel

PARA: Tests de flicacclatura.

Kilometraje		De	Km 0 0	Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0
		A	Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0	
Calificación Actual del Pavimento	5																
	4																
	3																
	2																
	1																
		0															
Calificación			45	45	32	31	29	26	35	29	33	27	30	37	26	26	
Manifiesto de deterioro del pavimento	Grietas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal														
			Transversal														
		Cpo izquierdo	Piel de cocodrilo														
			Longitudinal														
	Baches en % de la sup	Abiertos	Transversal														
			Piel de cocodrilo														
		Tapados	Cebadero														
			Bache														
	Deformación	Zona forada % de la longitud	Cebadero														
			Bache														
Recomendaciones	Rehabilitación	Longitudinal %															
		Transversal %															
Recomendaciones	Reconstrucción	Reconstrucción															
		Conservación															
		Rehabilitación															
Calificación de severidad																	
Muy ligera			1														
Ligera			2														
Moderada			3														
Severa			4														
Muy Severa			5														
Observaciones																	

### Pasajero 3

CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO																			
Carretera : Cozumel - Mezcalitos		FECHA DEL LEVANTAMIENTO: 02 de agosto de 2001																	
Tramo: km 0 a km 14		PARA: Testa de licenciatuara.																	
Origen: Cozumel																			
Kilometraje	De		Km 0 0	Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0		
	A																		
Calificación Actual del Pavimento		5																	
		4																	
		3																	
		2																	
		1																	
	0																		
Manifiesto de deterioro del pavimento	Calificación		39	39	31	31	28	28	35	27	31	27	30	34	30	28			
	Orjetas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal																
		Cpo izquierdo	Longitudinal																
	Baches en % de la sup	Abiertos	Cals. rero																
			Berbe																
		Tapados	Calaveros																
			Bache																
	Deformación	Longitudinal %																	
		Transversal %																	
	Zona florada % de la longitud																		
Recomendaciones	Conservación																		
	Rehabilitación																		
	Reconstrucción																		
Calificación de severidad																			
Muy ligera		1																	
Ligera		2																	
Moderada		3																	
Severa		4																	
Muy Severa		5																	
Observaciones																			

# Resumen

CALIFICACIÓN ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO																		
FECHA DEL LEVANTAMIENTO: 02 de agosto de 2001																		
Carretera: Cozumel - Mercafitos																		
Tramo: km 0 a km 14																		
Origen: Cozumel																		
PARA: Tesis de licenciatura.																		
Kilometraje	De		Km 0 0	Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0	
	A		Km 1 0	Km 2 0	Km 3 0	Km 4 0	Km 5 0	Km 6 0	Km 7 0	Km 8 0	Km 9 0	Km 10 0	Km 11 0	Km 12 0	Km 13 0	Km 14 0		
Calificación Actual del Pavimento		5																
		4																
		3																
		2																
		1																
		0																
	Calificación		41	41	31	31	28	28	34	27	31	27	30	34	27	27	27	
Manifiesto de deterioro del pavimento	Grietas en % de la longitud / superficie	Cpo derecho	Longitudinal	52.0	44.0	11.5	0.0	0.0	11.5	7.0	8.5	5.5	7.5	9.0	47.0	5.5	0.0	
			Transversal	42.5	22.0	5.5	4.5	0.5	0.0	4.5	5.5	2.5	5.5	4.0	41.0	2.5	3.0	
		Cpo izquierdo	Piel de cocodrilo	02.0	90.0	66.5	01.0	45.0	50.0	40.5	50.0	43.5	50.5	03.0	77.0	40.5	40.0	0.0
			Piel de cocodrilo	05.0	37.5	9.0	0.0	5.5	9.5	7.0	8.5	0.5	0.5	7.0	41.0	0.0	0.0	0.0
		Bachos en % de la sup	Abiertos	Transversal	30.5	31.5	4.0	3.5	0.5	0.0	3.5	7.0	5.0	7.5	3.0	31.5	2.5	3.0
				Longitudinal	04.5	90.0	02.5	02.0	42.5	50.5	42.5	52.5	30.0	51.0	50.0	01.0	42.5	42.0
	Tapados	Calevereo	22.0	21.3	11.0	9.0	0.5	10.0	7.5	9.5	7.5	0.0	9.0	10.0	5.5	0.0		
		Bache	12.5	15.0	9.5	7.5	0.0	10.0	5.5	0.5	5.5	7.5	7.0	11.0	4.5	5.0		
	Deformación	Zona florada % de la longitud	Calevereo	12.5	11.5	3.5	5.5	3.0	5.5	4.0	0.5	3.5	7.5	5.0	10.0	3.5	4.0	
			Bache	0.0	0.0	4.5	3.0	1.5	3.0	1.0	3.5	4.0	3.5	3.0	0.0	2.5	3.0	
	Recomendaciones	Reconstrucción	Longitudinal %	2.5	0.0	27.5	0.0	5.0	0.5	4.0	4.5	4.0	3.0	5.0	5.0	4.5	4.5	
			Transversal %	2.0	3.5	02.5	3.5	0.0	1.5	1.0	4.0	1.5	4.5	4.0	4.0	1.5	2.0	
			02.5	41.5	41.0	32.0	31.0	40.0	35.0	40.5	33.5	42.0	30.0	53.5	31.5	32.0		
	Conservación																	
	Habilitación																	
	Reconstrucción																	
Calificación de severidad																		
	Muy ligera	1																
	Ligera	2																
	Moderada	3																
	Severa	4																
	Muy Severa	5																
Observación																		
	La grimes en toda la superficie de la carretera																	
	No existe homogeneidad en los agregados de la superficie de rodamiento																	
	No existe acotamiento																	
	Desprendimiento de los agregados de la carpeta																	

**Levantamiento fotográfico:**



**Calavereo km 7 carretera Cozumel - Mescalitos.**



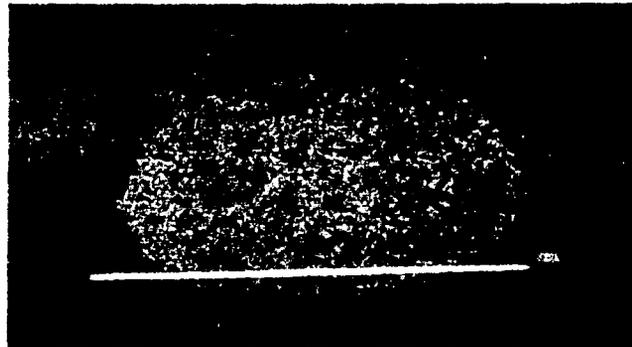
**Deformación longitudinal, bache abierto, grietas transversales en la orilla del km 4 carretera Cozumel - Mescalitos.**



**Calavereo y falta de homogeneidad en agregados km 7 Carretera Cozumel - Mescalitos.**



**Bache abierto, piel de cocodrilo km 11  
carretera Cozumel - Mescalitos.**



**Bache tapado, piel de cocodrilo, logrimo  
en la superficie, falta de homogeneidad en  
los agregados km 1 carretera Cozumel -  
Mescalitos.**



**Pavimento totalmente destruido en una intersección, en la carretera se observan calavereros y piel de cocodrilo. Km 5 carretera Cozumel - Mescalitos.**



**Calavereros, piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados, km 13 carretera Cozumel - Mescalitos.**



**Intersección de la carretera Cozumel - Mezcalitos y acceso a Molas, km 14.**



**Acceso a Molas**

## Aforos vehiculares en la carretera Cozumel - Mezcalitos

Origen	Destino	Kilómetro	Hora (hrs:min)	Tiempo (min)	Vehículo		
					A 2	A' 2	C 2
Cozumel	Mezcalitos	1	09:10:00 a.m.	10	10	10	2
Cozumel	Mezcalitos	3	09:43:00 a.m.	10	5	2	0
Cozumel	Mezcalitos	6	10:10:00 a.m.	10	4	10	0
Cozumel	Mezcalitos	9	10:38:00 a.m.	10	4	2	0
Cozumel	Mezcalitos	12	11:15:00 a.m.	10	10	0	1
Cozumel	Mezcalitos	14	11:42:00 a.m.	10	3	10	0
SUMA		14	02:32		36	34	3
Mezcalitos	Cozumel	1	09:10:00 a.m.	10	0	0	0
Mezcalitos	Cozumel	3	09:43:00 a.m.	10	0	0	0
Mezcalitos	Cozumel	6	10:10:00 a.m.	10	0	0	0
Mezcalitos	Cozumel	9	10:38:00 a.m.	10	1	2	0
Mezcalitos	Cozumel	12	11:15:00 a.m.	10	1	1	0
Mezcalitos	Cozumel	14	11:42:00 a.m.	10	0	0	0
SUMA		14	02:32		2	3	0
Mezcalitos	Cozumel	1	04:00:00 p.m.	10	2	0	0
Mezcalitos	Cozumel	3	04:30:00 p.m.	10	2	0	0
Mezcalitos	Cozumel	6	05:05:00 p.m.	10	4	9	3
Mezcalitos	Cozumel	9	05:35:00 p.m.	10	10	2	0
Mezcalitos	Cozumel	12	06:00:00 p.m.	10	12	7	0
Mezcalitos	Cozumel	14	06:33:00 p.m.	10	3	13	0
SUMA		14	02:33		33	31	3
Cozumel	Mezcalitos	1	04:00:00 p.m.	10	2	1	0
Cozumel	Mezcalitos	3	04:30:00 p.m.	10	1	1	0
Cozumel	Mezcalitos	6	05:05:00 p.m.	10	0	0	0
Cozumel	Mezcalitos	9	05:35:00 p.m.	10	0	0	0
Cozumel	Mezcalitos	12	06:00:00 p.m.	10	0	2	0
Cozumel	Mezcalitos	14	06:33:00 p.m.	10	1	0	0
SUMA		14	02:33		4	4	0

## **V.3 Propuesta de rehabilitación o construcción de nueva sección.**

---

Después de observar y analizar los resultados que los datos arriba mostrados nos arrojan, podemos establecer lo siguiente:

1 Con respecto a la prueba de calificación actual podemos decir que las opiniones de los cinco pasajeros del vehículo no varían en gran magnitud una con respecto a otra. Nuestras zonas más críticas (los de mayor calificación y que contemplan reconstrucción como recomendación) se encuentra comprendidas entre los kilómetros 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 y 11-12 , esto implica que en dichas zonas los pasajeros sintieron menor confort y mayor inseguridad con respecto al resto de la carretera.

2 Los deterioros que fueron observados son: grietas longitudinales, transversales y piel de cocodrilo en porcentaje de la longitud de superficie tanto del cuerpo derecho como izquierdo, baches y calaveros tanto abiertos como tapados en porcentaje de la superficie, deformaciones longitudinales y verticales en porcentaje, zona llorada en porcentaje de la longitud y por último se da una recomendación para el pavimento. Referente al levantamiento de deterioros y sustentado en el levantamiento fotográfico, podemos decir lo siguiente:

- Como recomendación de reconstrucción del pavimento se consideran cuatro tramos dentro de la carretera. En los dos primeros comprendidos entre el kilómetro 0 y el kilómetro 2 la recomendación es debida al alto porcentaje de grietas, en especial del tipo piel de cocodrilo, al alto porcentaje de calaveros en la superficie de la carretera y debida a la gran cantidad de lagrimeos que se observaron. En el caso del tercer tramo (kilómetro 2-3), la recomendación se basa principalmente en las fallas debidas a consolidación que dan lugar a grietas longitudinales que acaban en depresiones o deformaciones longitudinales o transversales las cuales no pueden ser rehabilitadas y aparecen en este tramo. En el último tramo considerado (kilómetro 11 - kilómetro 12) el caso es muy similar a los primeros dos tramos considerados.
- Para los tramos antes mencionados y como la recomendación indica es necesario construir nuevamente la carretera porque al únicamente rehabilitarla se tendría una solución parcial y las fallas, en un periodo

corto de tiempo, aparecerían nuevamente debido a que se trata de un problema de raíz y la solución a tomar debe de ser de índole similar.

- Para el resto de la carretera Cozumel-Mezcalitos, únicamente recomendamos una rehabilitación, a reserva de que ésta cumpla con las solicitudes que el diseño demanda. La rehabilitación que sugerimos puede ser por medio de un rencarpetamiento, es decir, en el caso que las capas inferiores se encuentran en buen estado y cumplan con los requisitos que la SCT demanda, se levantaría la carpeta asfáltica existente y sobre la sub-base se colocaría, previa evaluación económica una nueva carpeta asfáltica o losas de concreto hidráulico. En caso contrario, es decir que las capas inferiores no cumplan con los lineamientos, sería necesaria la reconstrucción de la carretera, cuidando el nuevo diseño, la calidad y limpieza de los materiales utilizados y el proceso constructivo de la misma.

3 Con respecto al levantamiento fotográfico, éste nos muestra de manera más clara las fallas y el estado actual de la carretera Cozumel-Mezcalitos. Así mismo en algunas de las fotografías podemos darnos una idea del espesor de la carpeta asfáltica existente.

4 Los aforos vehiculares nos indican que no se trata de una carretera con gran afluencia vehicular, por lo que podemos eliminar el hecho de que las fallas se deban a la falta de previsión del tránsito que circulará por la carretera dentro del diseño; podemos atribuir las fallas a otras causas tales como una mala selección de los agregados, mala compactación de los mismos, la edad propia de la carretera, un mal proceso constructivo o un incremento en las cargas de los vehículos para los cuales fue diseñada.

Los aforos serán utilizados más adelante para tener una idea del tránsito diario que circula por la carretera Cozumel - Mezcalitos, y así poder revisar el diseño de la misma.

Con lo que respecta al camino que va de Mezclaitos a Molas mencionaremos lo siguiente:

Actualmente Molas es una zona de la isla la cual es prácticamente inaccesible, el único modo de llegar a ella es por medio de jeeps 4 x 4 o cuatrimotos especiales que se encuentran a la renta dentro de un tour llamado "Wild tour".

Como parte de los alcances de esta tesis es crear accesos a la parte norte de la isla con el objeto de brindar al usuario confort y seguridad durante

**todo el trayecto al Centro Eco - turístico que la presente tesis contempla. Para alcanzar el objetivo mencionado se diseñará una sección de pavimento flexible a manera de seguir el esquema existente o que impera en toda la isla. El pavimento se construirá siguiendo el mismo trazo que el camino de terracería tiene hoy día para brindarle al turista toda la belleza natural que éste recorrido nos proporciona, añadiendo seguridad y confort que logren satisfacer una futura demanda al sitio de interés. El diseño del pavimento antes mencionado se tratará un poco más adelante dentro de éste mismo capítulo.**

**Revisión de la sección actual carretera Cozumel - Mezcalitos desde el kilómetro 0 (origen) hasta el kilómetro 14 (destino) por medio del método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.**

**Para realizar la revisión estructural del pavimento de la carretera actual en estudio se considerarán primeramente los datos obtenidos de los aforos vehiculares realizados con el fin de calcular los ejes equivalentes obtener el TDPA ( Tránsito Diario Promedio Anual) .**

**METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM  
CALCULO DEL TRÁNSITO ACUMULADO EN FUNCIÓN DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS**

Carretera : Cozumel - Mezcaltos

Tramo : km 0 - km 14

TDPA : 13870

COMPOSICIÓN		Tot vehic. =	38
A 2	50.00%	T 3 S 2	0.00%
A' 2	47.37%	T 3 S 3	0.00%
B 2	0.00%	C 2 R 2	0.00%
B 3	0.00%	C 3 R 2	0.00%
B 4	0.00%	C 3 R 3	0.00%
C 2	2.63%	T2S1R2	0.00%
C 3	0.00%	T2S2R2	0.00%
C 4	0.00%	T3S1R2	0.00%
T 2 S 1	0.00%	T3S2R2	0.00%
T 2 S 2	0.00%	T3S2R3	0.00%
		T3S2R4	0.00%

Años de servicio n =	15
Tasa crecimiento anual	39.35%
Coef Acum Tránsito c	133619.1154

Vehículo	# val.	# v.c.p.	Coeficiente de daño por tránsito				# de ejes equivalentes de 8.2 toneladas			
			Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm
A <sub>2</sub>	6935	3467.50	0.00	0.00	0.00	0.00	13.87	0.00	0.00	0.00
A' <sub>2</sub>	6570	3285.00	0.54	0.06	0.02	0.02	1760.76	210.24	75.56	49.28
B <sub>2</sub>	0	0.00	2.00	1.89	2.46	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00
B <sub>3</sub>	0	0.00	2.00	1.37	0.88	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00
B <sub>4</sub>	0	0.00	2.67	1.22	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>2</sub>	365	182.50	2.00	1.89	2.46	2.94	365.00	344.93	448.40	536.37
C <sub>3</sub>	0	0.00	3.00	2.82	2.46	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>4</sub>	0	0.00	4.00	2.77	2.46	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	0	0.00	3.00	3.43	4.75	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	0	0.00	4.00	4.36	4.75	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>3</sub>	0	0.00	5.00	5.29	4.75	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>4</sub>	0	0.00	6.00	5.24	4.75	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>2</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	4.00	4.97	7.04	8.58	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>3</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	5.00	5.90	7.04	8.58	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>4</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	6.00	6.83	7.04	8.58	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	5.00	6.51	9.33	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>2</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	6.00	7.44	9.33	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>3</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	6.00	7.44	9.33	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>4</sub> -R <sub>2</sub>	0	0.00	7.00	8.37	9.33	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> -R <sub>1</sub>	0	0.00	8.00	9.29	9.33	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>2</sub> -S <sub>2</sub> -R <sub>1</sub>	0	0.00	9.00	10.22	9.33	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00

Total	2139.63	555.17	523.96	585.64
Tránsito acumulado (I)	2.86E+08	7.42E+07	7.00E+07	7.83E+07

# de carriles	Coef De distribución
2	50%

Por normas de la SCT el valor relativo de soporte (VRS) de cada una de las capas es como sigue:

Capa	VRS saturado
Terraplén	10%
Subrasante	10%
Sub - base	50%
Base	100%
Carpeta	

Utilizando la gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible del Instituto de Ingeniería de la UNAM y por medio de la ecuación que se muestra inmediatamente después del presente párrafo, establecemos los espesores de cada una de las capas del pavimento para el tránsito diario promedio anual y el valor relativo de soporte según datos proporcionados por el H. Ayuntamiento de Cozumel, dichos valores de VRS fueron obtenidos por medio de pruebas de placa que la organización citada realizó.

Los VRS obtenidos tienen los siguientes valores:

Capa	VRS saturado
Terrano natural	5%
Subrasante	15%
Sub - base	70%
Base	110%
Carpeta	

$$VRS_z \geq VRS_0 (1.5)^{\log \sum L} \left[ 1 - \frac{Z^3}{(15^2 + z^2)^{\frac{2}{3}}} \right]$$

- Nuestro terreno natural tiene un VRS del 5%, con dicho VRS, entramos a la gráfica utilizando el tránsito acumulado más crítico obtenido anteriormente, es decir  $I = 2.86 E + 08$ . Con lo anterior obtenemos el espesor total de nuestra sección del pavimento analizado, desde que empieza el terreno natural hasta que termina la carpeta asfáltica, dicho espesor es de 96 cm.

- Con el tránsito acumulado, correspondiente a una profundidad  $z = 60$  cm o mayor ( $I = 7.82 E + 07$ ) calculamos el espesor que va desde la parte inferior de la sub - base hasta la parte superior de la carpeta asfáltica con un  $VRS = 15$  y un  $VRS_o = 4.57$ , el resultado utilizando la ecuación anterior es de 47 cm. Por lo tanto el espesor de la capa subrasante es de 49 cm.
- Como en éste punto nos encontramos a una profundidad menor de 60 cm, utilizamos el tránsito acumulado correspondiente a 30 cm y calculamos el espesor equivalente para la sección que va de la parte inferior de la base a la parte superior de la carpeta con un  $VRS = 70\%$ , el espesor calculado es de 30 cm, si restamos profundidades, resulta que la sub - base tiene un espesor de 17 cm.
- Con un procedimiento análogo al anterior calculamos el espesor de la base con un  $VRS = 100$ , y un tránsito acumulado de  $7.42 E + 07$  que corresponde al de una profundidad menor de 30 cm, el resultado de esta operación y por ende el espesor de la base es de 9 cm.
- El espesor de la carpeta asfáltica se calcula de manera similar a las anteriores y el resultado es de 21 cm. ( La tabla que contiene los cálculos antes descritos, se encuentra dentro del presente trabajo en el anexo 11).
- Los espesores arriba calculados necesitan ser revisados, ya que si vemos dichos espesores no satisfacen los requisitos mínimos que estipula la SCT, en este momento nuestros límites serán por una parte el espesor total que la sección debe satisfacer, y por otra parte los espesores que nos indica la SCT. De esta forma nuestros nuevos espesores se modificarán de la siguiente manera: la subrasante se queda de la misma manera espesor de 49 cm > 40 cm (mínimo), la sub - base se incrementará en 3 cm resultando un espesor de 20 cm > 15 cm (mínimo), la base se incrementará en 11 cm resultando un espesor total de 20 cm = 20 cm (mínimo) y por último la carpeta asfáltica reducirá su espesor en 14 cm quedando ésta de 7 cm > 5 cm (mínimo), y resultando el espesor de toda la sección del pavimento de 96 cm. Los cálculos que hasta aquí se han descrito nos muestran los espesores que cada una de las capas del pavimento debe tener, no únicamente para cumplir con las normas de la SCT sino también para garantizar (salvo previa revisión por otro método) el correcto funcionamiento del pavimento para el TDPA y valor relativo de soporte que tenemos en la carretera Cozumel - Mezcalitos.

- Como punto final y por recomendación del método con el que se ha calculado, modificaremos la sección, incrementando el espesor de la carpeta asfáltica en un 100%, es decir, modificándola con un factor que multiplica por dos.
- A continuación se muestra una tabla resumen de los espesores recomendados para satisfacer los requisitos arriba mencionados utilizando el método del Instituto de Ingeniería:

Capa	Profundidad inicial	Profundidad final	Espesores Reales	VRS	Espesores existentes
Subrasante	54 cm	103 cm	49 cm	15 cm	40 cm
Sub - base	34 cm	54 cm	20 cm	70 cm	15 cm
Base	14 cm	34 cm	20 cm	110 cm	20 cm
Carpeta	0 cm	14 cm	14 cm		5 cm
			103 cm		80 cm

- Como los espesores existentes actualmente son inferiores a los obtenidos mediante el cálculo propuesto por el Instituto de ingeniería de la UNAM, es necesario la reconstrucción de la carretera Cozumel - Mezcalitos, ya que con una rehabilitación, únicamente provocaríamos que las fallas, en un periodo corto de tiempo, aparecieran nuevamente. Es decir, el pavimento que actualmente existe no soporta la cantidad de vehículos que actualmente circulan.

#### Cálculo de la tasa de crecimiento anual

Los datos fueron calculados con estadísticas proporcionadas por el INEGI en su publicación "Cuaderno estadístico municipal, Cozumel Q. Roo"

Vehículo	# vehículos en 1992	% Composición	# vehículos en 1997	Incre - mento	% increm q' repres
Automóviles	1421	49.84%	6885	384.52%	191.65%
C. Pasajeros	79	2.77%	12	-84.81%	-2.35%
C. Carga	268	9.40%	2206	723.13%	67.98%
Motocicletas	1083	37.99%	687	-36.57%	-13.82%
Total	2851	100.00%	9790		243.39%

- El tránsito se ha incrementado 243.39 % en un periodo de 6 años, lo que nos lleva a un incremento anual de :40.56% en todo el municipio de Cozumel. La localidad de Cozumel representa el 97% del total del tráfico en el municipio, por lo tanto el incremento real es de: 39.35%.

### Revisión de la sección propuesta para la carretera Cozumel - Mezcalitos por el método de la ASHTO.

A continuación se realizará la revisión de la sección antes propuesta por el método que tiene mayor aceptación en México, es decir el método de la AASHTO. Para poder utilizar éste método primero definiremos algunos parámetros o valores:

R: Reliability, grado de confianza, se expresa en %, consideraremos  $R = 90\%$

So : Desviación estándar de los datos, consideraremos  $So = 35\%$

$W_{18}$ : Es el tránsito acumulado crítico, que como se observa en la tabla de ejes equivalentes es de 2.86 E8, es decir  $W_{18} = 6.43 E07$

$M_R$ : Resilient Modulus, que equivale al producto de 1500 por el VRS del terreno natural, es decir  $M_r = 1500 (VRS)$ , que en nuestro caso es  $M_R = 1500 * (5) = 7500$  psi.

$\Delta PSI$ : La diferencia entre la máxima calificación obtenida de la prueba de calificación actual y la calificación de rechazo de un pavimento, es decir, 2.5. Para nuestro caso  $\Delta PSI = 4.1 - 2.5 = 1.6$ .

SN: Design Structural Number, para calcular este valor, se utilizan monogramas proporcionados por la AASHTO o en su defecto, existe una ecuación que simplifica la utilización de todos los nomogramas existentes. Para nuestro cálculo utilizamos la ecuación antes mencionada, la cual fue resuelta utilizando un "solver" en una hoja de cálculo. Dicho cálculo se muestra a continuación:

Calculo de SN para la revisión estructural del pavimento según la AASHTO

W18 =	6.43 E+07
R =	90%
So =	35%
MR =	7500
PSI =	1.6

SN:

$$\log(W_{18}) - (R * S_o) + (9.36 * \log(SN + 1)) - 0.20 + \left( \frac{\log\left(\frac{PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right) + (2.32 * \log(MR)) - 8.07$$

Por medio del solver con los datos arriba descritos calculamos SN:

SN = 4.91

Ahora con los espesores obtenidos mediante el método del Instituto de Ingeniería obtendremos un nuevo valor de SN, si éste resulta ser mayor o igual al arriba calculado, quiere decir que nuestros espesores para el pavimento son correctos, en caso contrario propondremos nuevos espesores que cumplan con éste método.

Espesores propuestos anteriormente equivalentes:

Capa	Profundidad inicial	Profundidad final	Espesor Equivalentes	VRS	Espesores existentes
Subrasante	47 cm	96 cm	49 cm	15 cm	40 cm
Sub - base	27 cm	47 cm	20 cm	70 cm	15 cm
Base	7 cm	27 cm	20 cm	110 cm	20 cm
Carpeta	0 cm	7 cm	7 cm		5 cm
			96 cm		80 cm

Mediante la siguiente fórmula propuesta por la AASHTO y apoyados en nomogramas de la misma asociación, con los cuales obtenemos los coeficientes estructurales en base al VRS, obtenemos el siguiente valor de NS.

$$\frac{Sr}{2.54} * a_1 + \frac{Sb}{2.54} * a_2 + \frac{B}{2.54} * a_3 + \frac{Cr}{2.54} * a_4 = SN$$

Donde:

a1 es el coeficiente estructural para la subrasante (se obtiene de nomogramas).

a2 es el coeficiente estructural para la sub - base (se obtiene de nomogramas).

a3 es el coeficiente estructural para la base (se obtiene de nomogramas).

a4 es el coeficiente estructural para la carpeta (se obtiene de nomogramas).

Sr es el espesor de la subrasante propuesto.

Sb es el espesor de la sub - base propuesto.

B es el espesor de la base propuesto.

Cr es el espesor de la carpeta asfáltica propuesto.

Utilizando los nomogramas obtenemos los coeficientes a1, a2, a3, a4:

a1= 0.09

a3= 0.15

a2= 0.126

a4= 0.25

Calculando SN con la fórmula anterior obtenemos:

SN = 4.60 < 4.91

Por lo tanto los espesores antes propuestos no satisfacen nuestras necesidades. Se propondrán a continuación nuevos espesores que serán revisados con el método de la AASHTO, dichos espesores como se verá, serán mayores a los obtenidos por el método del Instituto de ingeniería, por lo cual bajo este enfoque seguirán siendo satisfactorios.

Capa	Prof. inicial	Prof. final	Espesor eq.	VRS	Espesores Existentes
Subrasante	53 cm	103 cm	50 cm	15	40 cm
Sub - base	28 cm	53 cm	25 cm	70	15 cm
Base	8 cm	28 cm	20 cm	110	20 cm
Carpeta	0 cm	8 cm	8 cm		5 cm
			103 cm		80 cm

**Calculando nuevamente SN con estos nuevos espesores y los mismos coeficientes (ya que están en función de VRS) tenemos:**

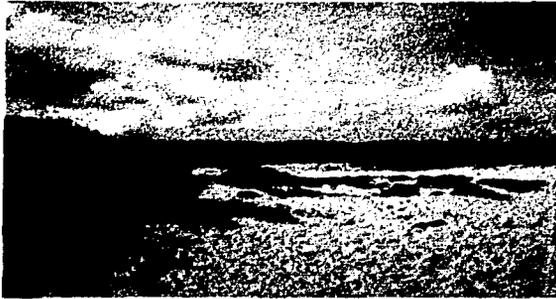
**SN = 4.98 > 4.91, por lo tanto estos nuevos espesores son correctos, satisfactorios tanto para el método del Instituto como para el método de la AASHTO. (El cálculo completo arriba realizado se encuentra en el anexo 12 del presente trabajo.**

**Propuesta para la construcción del pavimento flexible sobre la terracería existente de Mezcalitos a punta Molas por medio del método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.**

Como se ha mencionado con anterioridad, el camino que actualmente existe de mezcalitos hacia Punta Molas es prácticamente inaccesible con automóviles y motocicletas convencionales. El camino es una terracería, el cual en ciertas épocas del año se llena de arena permitiendo únicamente el acceso a vehículos con doble tracción como se puede ver a continuación:

**Camino existente a Punta Molas**





A continuación se propondrá la sección de un pavimento que siga el trazo del camino existente.

Para el diseño del pavimento se utilizará el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM y posteriormente se hará una revisión de la sección obtenida por medio del método propuesto por la AASHTO. Todo el procedimiento que se seguirá es semejante al que se expone a detalle cuando se realizó la revisión de la sección de la carretera Cozumel - Mezcalitos, por lo tanto se mostrarán únicamente las tablas de resultados y los cálculos realizados se presentarán en los anexos 13 y 14 de esta tesis.

Para el diseño de esta carretera se considerará un periodo de 15 años de servicio y un tránsito diario promedio anual que representa el 50% del que se utilizó anteriormente, esto se debe a que se considera que la mitad de los vehículos que actualmente circulan por la carretera Cozumel - Mezcalitos tendrán otro destino diferente a Punta Molas.

Para el cálculo de TDP y ejes equivalentes tenemos:

CARRETERA	Mezcalitos - Molas	TRAMO	km. 0 al km. 16	TDPA	6,935 00	VEHÍCULOS
-----------	-----------------------	-------	-----------------	------	----------	-----------

COMPOSICION			
A2	50.0%	T3S3	0.0%
A'2	47.4%	C2R2	0.0%
B2	0.0%	C3R2	0.0%
B3	0.0%	C3R3	0.0%
B4	0.0%	T2S1R2	0.0%
C2	2.6%	T2S2R2	0.0%
C3	0.0%	T3S1R2	0.0%
C4	0.0%	T3S2R2	0.0%
T2S1	0.0%	T3S2R3	0.0%
T2S2	0.0%	T3S2R4	0.0%
T3S2	0.0%	Total =	100.0%

AÑOS DE SERVICIO (n) = 15  
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (r) = 39.35%  
COEFICIENTE DE ACUMULACIÓN DE TRANSITO (c) = 133,643 81

VEHÍCULO	# val	#vcp	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				# DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Ton			
			Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm
A2	3,463	1,734	0.004	0.000	0.000	0.000	5.94	0.00	0.00	0.00
A'2	3,251	1,643	0.536	0.064	0.023	0.015	880.41	105.12	37.78	24.64
B2	0	0	2.000	1.800	2.457	2.939	0.00	0.00	0.00	0.00
B3	0	0	1.999	1.369	0.877	0.852	0.00	0.00	0.00	0.00
B4	0	0	2.666	1.219	0.752	7.530	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	182	91	2.000	1.800	2.457	2.939	182.39	172.36	224.07	268.02
C3	0	0	3.000	2.817	2.457	2.940	0.00	0.00	0.00	0.00
C4	0	0	4.000	2.771	2.456	2.937	0.00	0.00	0.00	0.00
T2S1	0	0	3.000	3.431	4.747	5.759	0.00	0.00	0.00	0.00
T2S2	0	0	4.000	4.358	4.747	5.760	0.00	0.00	0.00	0.00
T3S2	0	0	5.000	5.245	4.747	5.761	0.00	0.00	0.00	0.00
T3S3	0	0	6.000	5.239	4.746	5.758	0.00	0.00	0.00	0.00
C2R2	0	0	4.000	4.972	7.037	8.579	0.00	0.00	0.00	0.00
C3R2	0	0	5.000	5.809	7.037	5.580	0.00	0.00	0.00	0.00
C3R3	0	0	6.000	6.826	7.037	5.581	0.00	0.00	0.00	0.00
T2S1R2	0	0	5.000	6.513	9.327	11.399	0.00	0.00	0.00	0.00
T2S2R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0.00	0.00	0.00	0.00
T3S1R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0.00	0.00	0.00	0.00
T3S2R2	0	0	7.000	8.367	9.327	11.401	0.00	0.00	0.00	0.00
T3S2R3	0	0	8.000	9.294	9.327	11.401	0.00	0.00	0.00	0.00
T3S2R4	0	0	9.000	10.221	9.327	11.403	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	6,935	3,468								
						T1	T2	T3	T4	
						1069.73	277.48	261.85	292.66	
# DE CARRILES = 2 COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN = 50%						L1	L2	L3	L4	
						1.43E+08	3.71E+07	3.50E+07	3.91E+07	

Con estos datos calcularemos los espesores necesarios para cada una de las capas del pavimento, utilizando los mismos VRS que en el pavimento anterior:

Capa	Profundidad inicial	Profundidad final	Espesores Reales	VRS
Subrasante	50 cm	96 cm	46 cm	15 cm
Sub - base	32 cm	50 cm	18 cm	70 cm
Base	12 cm	32 cm	20 cm	110 cm
Carpeta	0 cm	12 cm	12 cm	
			96 cm	

A continuación se revisarán los espesores antes calculados por medio del método de la AASHTO con los datos obtenidos del cálculo de ejes equivalentes y TDPA.

Nuestro primer valor de NS es:

$$NS = 4.42$$

Con los espesores obtenidos con el anterior método obtenemos un NS de:

$$NS = 4.29$$

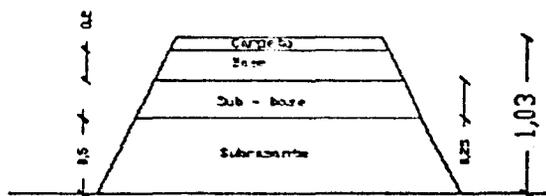
Por lo tanto es necesario proponer nuevos espesores que satisfagan los requisitos del método AASHTO y por ende del Instituto de Ingeniería. Nuestros espesores serán:

Capa	Profundidad inicial	Profundidad final	Espesor equivalente	VRS	
Subrasante	65 cm	111 cm	50 cm	15 cm	
Sub - base	35cm	65 cm	20 cm	70 cm	
Base	10 cm	35 cm	20 cm	110 cm	
Carpeta	0 cm	10 cm	5 cm		
			95 cm		

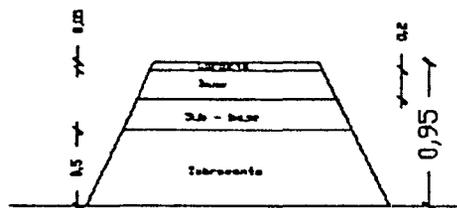
Con lo que :

$$NS = 4.44 > 4.42$$

Las secciones que hemos calculado y con las cuales se pretende por una parte reconstruir una carretera y por otra diseñar otra se muestran esquemáticamente a continuación:



Sección de pavimento propuesta para la carretera Cozumel - Mezalitos, acotaciones en m.



Sección de pavimento propuesta para la carretera Mezalitos - Molas, acotaciones en m.

# **CAPITULO VI: PROCESO CONSTRUCTIVO.**

---

## **VI.1 Introducción.**

---

Dentro del presente capítulo se pretende como primer punto hacer una relación, de acuerdo al proyecto arquitectónico original, de los materiales y maquinaria que se utilizarán para la construcción de los edificios que la presente trata en su capítulo IV de cimentaciones, es decir del restaurante y del acuario del *Centro Eco - Turístico en Cozumel*.

Acto seguido, se realizará una breve descripción del proceso constructivo de cada edificio analizado.

Posteriormente se realizará un análisis de los tiempos que para cada actividad serán destinados, este análisis se realizará en base a rendimientos obtenidos de tablas y en base a experiencia de ingenieros y trabajadores de la Isla de Cozumel, asimismo, dentro del análisis se propone la cantidad de mano de obra y maquinaria necesaria para cumplir con dicho tiempo para cada actividad.

Por último se realizará un programa de obra en el cual se incluirán los tiempos en los cuales se construirán las estructuras aquí analizadas resaltando la ruta crítica y actividades críticas en dicho programa así como un programa de recursos de mano de obra.

A continuación y a manera de concluir la introducción del presente capítulo se muestran algunas imágenes de la apariencia actual del terreno en Punta Molas donde se pretende construir el *Centro Eco - Turístico*, dichas imágenes nos servirán para tener una idea más clara del porque se ha seleccionado la maquinaria antes descrita y los procesos que han de seguirse para el desarrollo del proyecto:



**Imagen antes de llegar a Molas.**



**Aspecto de la playa en Molas.**



**Poco antes del límite entre el mar y la playa.**



**Aproximadamente a 150m del mar.**



**En el interior del terreno.**



**Imagen aproximadamente a 300 m del mar.**

## **VI.2 Listado de Materiales y maquinaria propuestos.**

**Restaurante:** Los materiales y maquinaria que a continuación se listan parten del proyecto arquitectónico original y tienen como objeto únicamente proporcionarnos información para poder realizar un mercadeo y comprobar la existencia de proveedores dentro de la Isla lo cual nos implicará gran ahorro monetario en lo que a fletes se refiere.

<b>Material</b>	<b>Localización en el edificio</b>	<b>Proveedor más cercano</b>
Concreto tipo V Rr f <sub>y</sub> =250 kg/cm <sup>2</sup> revenimiento = 12	Cimentación. Firme.	Cemex, Cozumel Q.Roo
Concreto tipo II Rr f <sub>y</sub> =250 kg/cm <sup>2</sup> revenimiento = 12	Losas. Columnas.	Cemex, Cozumel Q.Roo
Varilla de acero de 1"	Trabes. Refuerzo en elementos de concreto.	Canul, Cozumel Q.Roo
Alambrón de ½"	Estribos de acero.	Canul, Cozumel Q.Roo
Vigas de madera de chechén sección circular con D = 50 cm.	Estructura del techo.	Dimaco, Cozumel Q.Roo
Hoja de Palma	Techo.	Dimaco, Cozumel Q.Roo
Cantera piedra conchuela de 30 x 30 cm rustica.	Recubrimiento en montenes y perímetro de losas.	El Poblano, Cozumel Q.Roo

<b>Cristal recocido claro De 6 mm.</b>	<b>Cancelería interior</b>	<b>Taller de vidrio y aluminio, Cozumel, Q.Roo</b>
<b>Madera de pino y Triplay, papel prensado para cimbra .</b>	<b>Elementos colados de concreto.</b>	<b>Dimaco, Cozumel, Q.Roo</b>
<b>Alambre recocido.</b>	<b>Amarres en varillas.</b>	<b>Canul, Cozumel Q.Roo</b>
<b>Material menor Selladores, pinturas, Impermeabilizantes.</b>	<b>Áreas varias Áreas varias</b>	<b>Comex, Cozumel Q.Roo</b>

#### **Maquinaria necesaria**

Subestación eléctrica .  
 Teodolitos.  
 Estadales.  
 Camiones de volteo.  
 Carretillas.  
 Enrrazadores.  
 Cucharón con retroexcavadora.  
 Cortadoras de concreto.  
 Cortadoras de varilla.  
 Dobladora de varilla.  
 Angledozers .  
 Punzones.  
 Bobcats.  
 Manos de chango.  
 Grúa fija de torre .  
 Malacates de gasolina.  
 Bomba para concreto de pluma altura de 42 m.  
 Camiones de volteo.  
 Bombas de agua .  
 Martillo hidráulico.

**Bailarinas.**  
**Aplanadoras.**  
**Andamios de torre.**  
**Pulidoras para concreto.**  
**Rodillo de pata de cabra.**  
**Vibrador internos para concreto a gasolina.**  
**Herramienta menor.**

**Acuario** Los materiales y maquinaria que a continuación se listan parten del proyecto arquitectónico original y tienen como objeto únicamente proporcionarnos información para poder realizar un mercadeo y comprobar la existencia de proveedores dentro de la Isla lo cual nos implicará gran ahorro monetario en lo que a fletes se refiere.

<b>Material</b>	<b>Localización en el edificio</b>	<b>Proveedor más cercano</b>
Concreto tipo V Rr $F_y = 350 \text{ kg/cm}^2$ revenimiento = 12	Cimentación. Firme. Trabes. Losas. Columnas.	Cemex, Cozumel Q.Roo
Varilla de acero de 1"	Refuerzo en elementos de concreto.	Canul, Cozumel Q.Roo
Alambrón de $\frac{1}{4}$ "	Estribos de acero.	Canul, Cozumel Q.Roo
Cristal Duo-vent formado por 2 templados claros de 12.7 mm.	Cristales bajo el mar.	Taller de vidrio y Aluminio, Cozumel, Q.Roo
Cantera piedra conchuela de 30 x 30 cm rustica.	Recubrimiento en montenes y perímetro de losas.	El Poblano, Cozumel Q.Roo

<b>Cristal templado claro de 9.5 mm.</b>	<b>Estanques p/tortugas.</b>	<b>Taller de vidrio y aluminio, Cozumel, Q.Roo</b>
<b>Alambre recocido.</b>	<b>Amarres en varillas.</b>	<b>Canul, Cozumel Q.Roo</b>
<b>Material menor Selladores, pinturas, Impermeabilizantes.</b>	<b>Áreas varias Áreas varias</b>	<b>Comex, Cozumel Q.Roo</b>
<b>Madera de pino y Triplay, papel prensado para cimbra .</b>	<b>Elementos colados de concreto.</b>	<b>Dimaco, Cozumel, Q.Roo</b>
<b>3D losa de acero inoxidable c/pintura anticorrosiva.</b>	<b>Techo y estructura en techo.</b>	<b>Canul, Cozumel Q.Roo</b>

**Maquinaria necesaria:**

**Subestación eléctrica .**  
**Trascabos.**  
**Embarcaciones menores.**  
**Teodolitos.**  
**Estadales.**  
**Punzones.**  
**Carretillas.**  
**Enrrasadores.**  
**Camiones de volteo.**  
**Rodillos de pata de cabra.**  
**Cucharón con retroexcavadora.**  
**Angledozers.**  
**Manos de chango.**  
**Grúa de pluma telescópica.**  
**Malacates de gasolina.**

**Bomba para concreto de pluma altura de 42 m.**  
**Camiones de volteo.**  
**Bombas de agua.**  
**Martillo hidráulico.**  
**Andamios de torre.**  
**Pulidoras para concreto.**  
**Vibrador internos para concreto a gasolina.**  
**Herramienta menor.**

### ***VI.3 Rendimientos y tiempos constructivos.***

Dentro del presente capítulo se pretende calcular los tiempos de las actividades que se presentan en el capítulo anterior para la construcción tanto del restaurante como del acuario de nuestro complejo. Asimismo se asignarán recursos materiales como mano de obra y maquinaria, en descripción y cantidad, a las actividades mencionadas.

Como se ha dicho anteriormente las actividades que conforman el programa de obra de las edificaciones pertinentes, únicamente contemplan trabajos de albañilería y algunos detalles en acabados menores tales como la cancelería interior, colocación de cristal, pulido de pisos, grabado de columnas y limpieza general final. En el análisis que a continuación se realiza, se analizan los tiempos de las actividades relacionadas con albañilería, es decir, de actividades tales como construcción de columnas, trabes, losas, se mencionan cada una de las tareas que conforman a la actividad, así por ejemplo, para la construcción se una columna o de un conjunto de columnas, se tienen las siguientes tareas: armado de columna, cimbrado de columna, colado de columna, fraguado de columna (se considera únicamente el tiempo de endurecimiento sin llegar a su resistencia óptima), descimbrado de columnas y finalmente el grabado de columnas. Lo anterior se menciona ya que como se podrá notar en el programa de obra que se muestra en el siguiente sub - capítulo, existen actividades que no se incluyen en el presente análisis, en dichas actividades no se realiza un desglose de tareas, y el tiempo total en que la actividad se realiza es en base a experiencia de trabajadores como palaperos e ingenieros que han trabajado en Cozumel y sus alrededores.

Cabe mencionar que todas las cantidades y dimensiones que en este análisis se presentan fueron obtenidos de los planos arquitectónicos originales y de los cálculos hasta el momento realizados.

El rendimiento tanto de las máquinas como de los trabajadores que se ven involucrados en cada una de las actividades fue obtenido de tablas tales como la que realiza "Bimsa" y en base a experiencias de ingenieros y arquitectos con trayectoria en la industria de la construcción, a este respecto podemos decir que en promedio se sondearon cuatro diferentes opiniones y de ellas se sacó una media misma que nos sirve como dato y se ha utilizado en el análisis que el presente capítulo pretende realizar.

El número de integrantes, es decir, el número de máquinas y de trabajadores únicamente se ha propuesto para ajustarse a los tiempos generales que cada actividad debe tomar, esto gracias a consejos y opiniones nuevamente de arquitectos e ingenieros con experiencia en este campo. El aspecto económico no se ha considerado y sería parte de otro análisis en el cual en base al programa de recursos de mano de obra material y dinero, y en base a una cuantificación del material se podría realizar: por desgracia esto sale del alcance de la presente tesis, ya que no se cuenta con las cuantificaciones reales del material, es decir, la cantidad real de concreto que se utilizará, la cantidad de acero de refuerzo que cada columna, trabe o losa necesitará, la cantidad real de cristal y cantidades similares.

Los resultados del análisis de tiempos constructivos para el restaurante y acuario se presentan en los anexos 15 y 16 respectivamente, dentro de este análisis podremos ver diez columnas, en la primera se encuentra el nombre de la actividad a analizar, en la segunda las unidades en las cuales se mide dicha actividad, en una tercera columna se encuentra la cantidad correspondiente a las unidades antes mencionadas, en la cuarta columna aparecen los integrantes (maquinaria y mano de obra) que intervienen en la actividad descrita en la primera columna, en la columna número 5 se muestra el número o la cantidad de cada máquina o trabajador necesario para realizar el trabajo, en la sexta columna se muestra el rendimiento de cada integrante citado en la cuarta columna, en la columna número siete se calcula la suma de los rendimientos de cada uno de los miembros citados anteriormente, en la octava columna se multiplica el rendimiento individual de los integrantes por el número de integrantes, obteniendo así un rendimiento acumulado. En la novena columna se obtiene la duración de la actividad en horas en base al rendimiento acumulado y la cantidad mostrada en la columna número 3 de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \text{Cantidad} / \text{tiempo (unidad / hora)}$$

Por último en la columna 10, aparece la conversión de horas en jornada, asumiendo que cada jornada tiene ocho horas laborables.

## **VI.4 Programa de obra y ruta crítica.**

---

Dado los análisis previamente realizados, el presente capítulo pretende establecer un programa de obra resaltando la ruta crítica y actividades críticas del proyecto.

Para realizar el programa de obra primeramente se establecieron las actividades involucradas en el proceso constructivo de cada edificio propuesto, cabe señalar que no se contemplaron actividades tales como instalaciones eléctricas, instalaciones sanitaria y detalles en acabados, es decir prácticamente las actividades contemplan la obra negra y algunos acabados en general ya que consideramos que estas actividades son aquellas que implican mayor consumo de tiempo y recursos, asimismo algunas de las actividades (como en el análisis anterior) fueron divididas en tareas que las conforman. A continuación se enlistarán las actividades consideradas para el restaurante del Complejo y para el acuario:

### **Actividades relacionadas en la construcción del restaurante:**

1. Levantamiento topográfico.
2. Limpieza de terreno.
3. Excavación para cimentación.
4. Armado de zapatas.
5. Cimbrado de zapatas.
6. Colado de zapatas.
7. Fraguado de zapatas.
8. Descimbrado de zapatas.
9. Relleno en cimentación.
10. Nivelación del terreno N 3+00 (incluye la compactación del mismo).
11. Nivelación del terreno N 4+50 (incluye la compactación del mismo).
12. Colado del firme N 0+00.
13. Fraguado del firme N 0+00.
14. Armado de columnas N 0+00.
15. Armado de columnas N 3+00.

16. Armado de columnas N 4+50.
17. Cimbrado de columnas N 0+00.
18. Colado de columnas N 0+00.
19. Fraguado de columnas N 0+00.
20. Descimbrado de columnas N 0+00.
21. Grabado de columnas N 0+00.
22. Cimbrado de columnas N 3+00.
23. Colado de columnas N 3+00.
24. Fraguado de columnas N 3+00.
25. Descimbrado de columnas N 3+00.
26. Grabado de columnas N 3+00.
27. Colado firme N 3+00.
28. Fraguado firme N 3+00.
29. Colado firme N 4+50.
30. Fraguado firme N 4+50.
31. Armado trabes N 7+50.
32. Armado trabes N 19+85.
33. Armado trabes de N 7+50 a N 19+85.
34. Cimbrado trabes N 7+30.
35. Colado trabes N 7+30.
36. Fraguado trabes N 7+30.
37. Descimbrado trabes N 7+30.
38. Grabado trabes N 7+30.
39. Cimbrado columnas N 4+50.
40. Colado trabes N 4+50.
41. Fraguado columnas N 4+50.
42. Descimbrado columnas N 4+50.
43. Grabado columnas N 4+50.
44. Cimbrado trabes N 19+85.
45. Colado trabes N 19+85.
46. Fraguado trabes N 19+85.
47. Descimbrado trabes N 19+85.
48. Grabado trabes N 19+85.
49. Cimbrado trabes de N 7+30 a N 19+85.
50. Colado trabes de N 7+30 a N 19+85.
51. Fraguado trabes de N 7+30 a N 19+85.
52. Descimbrado trabes de N 7+30 a N 19+85.
53. Grabado trabes de N 7+30 a N 19+85.

54. Armado trabes N 28+65.
55. Cimbrado trabes N 28+65.
56. Colado trabes N 28+65.
57. Fraguado trabes N 28+65.
58. Descimbrado trabes N 28+65.
59. Grabado trabes N 28+65.
60. Armado trabes de N 19+85 a N 28+65.
61. Cimbrado trabes de N 19+85 a N 28+65.
62. Colado trabes de N 19+85 a N 28+65.
63. Fraguado trabes de N 19+85 a N 28+65.
64. Descimbrado trabes de N 19+85 a N 28+65.
65. Grabado trabes de N 19+85 a N 28+65.
66. Armado y colocación de techo de palma.
67. Acondicionamiento de accesos.
68. Colocación de trabes de madera aparentes en el perímetro.
69. Construcción de muros internos en la cocina.
70. Colocación de cancelería interior.
71. Colocación de cantera exterior.
72. Pulido de pisos.
73. Limpieza general final.
74. Acondicionamiento de muebles y accesorios interiores.

**Actividades relacionadas en la construcción del restaurante:**

1. Levantamiento topográfico.
2. Construcción de dique para contención del agua.
3. Extracción o bombeo del agua.
4. Limpieza del terreno.
5. Excavación para cimentación.
6. Armado de zapatas.
7. Cimbrado de zapatas.
8. Colado de zapatas.
9. Fraguado de zapatas.
10. Descimbrado de zapatas.
11. Colado firme N -3+00.
12. Fraguado firme N -3+00.
13. Colado losa N 1+00.
14. Fraguado firme N 1+00.
15. Armado de columnas exteriores N -3+00.

16. Cimbrado de columnas exteriores N -3+00.
17. Colado de columnas exteriores N -3+00.
18. Fraguado de columnas exteriores N -3+00.
19. Descimbrado de columnas exteriores N -3+00.
20. Armado de columnas interiores N -3+00.
21. Cimbrado de columnas interiores N -3+00.
22. Colado de columnas interiores N -3+00.
23. Fraguado de columnas interiores N -3+00.
24. Descimbrado de columnas interiores N -3+00.
25. Armado de columnas interiores N 1+00.
26. Cimbrado de columnas interiores N 1+00.
27. Colado de columnas interiores N 1+00.
28. Fraguado de columnas interiores N 1+00.
29. Descimbrado de columnas interiores N 1+00.
30. Armado de columnas interiores N 1+00.
31. Cimbrado de columnas interiores N 1+00.
32. Colado de columnas interiores N 1+00.
33. Fraguado de columnas interiores N 1+00.
34. Descimbrado de columnas interiores N 1+00.
35. Armado de traves N 1+00.
36. Cimbrado de traves N 1+00.
37. Colado de traves N 1+00.
38. Fraguado de traves N 1+00.
39. Descimbrado de traves N 1+00.
40. Armado de traves N 9+75.
41. Cimbrado de traves N 9+75.
42. Colado de traves N 9+75.
43. Fraguado de traves N 9+75.
44. Descimbrado de traves N 9+75.
45. Construcción de muros exteriores N -3+00.
46. Colocación de cristal duo - vent N -3+00.
47. Armado de losa sobre N -3+00 en N 1+00.
48. Cimbrado de losa sobre N -3+00 en N 1+00.
49. Colado de losa sobre N -3+00 en N 1+00.
50. Fraguado de losa sobre N -3+00 en N 1+00.
51. Descimbrado de losa sobre N -3+00 en N 1+00.
52. Construcción de muros superiores sobre columnas traves y losa N -3+00.
53. Colocación de cristal superior sobre columnas, traves y losa N -3+00.

- 54. Construcción de muros exteriores N 1+00.
- 55. Colocación cristal exterior N 1+00.
- 56. Construcción de tanques para tortugas exteriores.
- 57. Acondicionamiento de accesos.
- 58. Construcción de muros interiores en todos los niveles.
- 59. Colocación de cancelería interior.
- 60. Pulido de pisos.
- 61. Limpieza general final.
- 62. Acondicionamiento de muebles y accesorios interiores.

Una vez enlistadas las actividades que se desarrollarán para la construcción de nuestras edificaciones propuestas, procederemos a realizar un programa de obra en el cual podremos observar las fechas tanto de inicio como de terminación de cada uno de los edificios que conforman el proyecto analizado, asimismo podemos observar las fechas en que cada actividad empezará y terminará de acuerdo a la duración previamente calculados. Todas las fechas a lo largo de las cuales se desarrolla nuestro proyecto están en base a un calendario previamente establecido, de dicho calendario podemos mencionar lo siguiente:

- Se contemplan, de lunes a viernes, jornadas laborales de 8 horas con el siguiente horario: de 8:00 hrs. - 13:00 hrs. y de 14:00 hrs. - 17:00 hrs. todo esto con objeto de aprovechar la luz natural de manera máxima.
- Los sábados se trabajará únicamente de 8:00 hrs. - 13:00 hrs.
- Los días domingo se descansará.
- Existen días no laborables, éstos serán de acuerdo a lo que la ley estipula, en caso de existir dentro de la duración de nuestro proyecto, no se trabajará en días de descanso por costumbre., es decir las fechas no laborables que se consideran dentro de nuestro calendario son: 01/01, 05/02, 21/03, 13/04, 01/05, 03/01, 16/09, 02/11, 12/12, 25/12.

La fecha de inicio de las obras de edificación del restaurante y del acuario, se han sincronizado para así poder hacer una mejor distribución de los recursos humanos con los que se cuenta. Las obras se ha considerado que comiencen el segundo día de enero del 2002, cabe mencionar que para que esto se pueda realizar, es necesario tener los caminos de acceso a Punta Molas terminados y listos para su uso, ya que para transportar materiales y

maquinaria hasta el punto donde se utilizarán, es necesario tener una ruta eficiente por la cual puedan trasladarse los diferentes vehículos que serán utilizados.

Para poder realizar un programa de obra que nos sea de utilidad, es necesario hacer un ordenamiento lógico de las actividades involucradas, es por eso que antes de poder hablar de un programa de obra, se necesitan haber analizado algunas opciones o cronologías de las actividades. En el anexo número 17 del presente se encuentra un listado de las actividades que se han de desarrollar para el restaurante, en dicho anexo se muestran las actividades acompañadas de una Id o clave para facilitar su reconocimiento, asimismo se muestra su duración, fecha de inicio y terminación y por último se indica cual será la actividad que le preceda. El anexo 18 es muy similar al anterior pero en este caso trataremos al acuario.

Una vez establecidas las relaciones entre actividades, duraciones de las mismas, fecha de inicio de los trabajos, podemos establecer un diagrama de seguimiento, en el cual aparecen barras que representan a cada actividad, flechas que indican la relación entre las actividades y las fechas de inicio y terminación de las mismas. Debemos resaltar que la secuencia lógica entre actividades se debe al uso del sentido común y a consejos y experiencias de profesionistas, así por ejemplo podemos establecer que no se pueden colar unas trabes sin que primeramente se encuentren fraguadas las columnas que apoyarán a las mismas, de igual manera podemos establecer que no se pueden descimbrar los elementos sin que estos se armen primeramente, se cimbrén, se cuelen y se fragüen o alcancen su resistencia primaria. Un diagrama de barras como el antes descrito se muestra en el anexo 19 para las tareas relacionadas con el restaurante y en el anexo 20 para las del acuario. Los diagramas antes mencionados fueron elaborados con un programa especial para este tipo de tareas ya que esto facilita su modificación y permite dar un mejor seguimiento a la serie de actividades propuestas, es decir, se puede observar el progreso de las mismas, resaltar su retraso o adelanto, observar el consumo de recursos y por último resaltar las actividades importantes o fundamentales, es decir establecer una ruta crítica de las actividades involucradas en el proyecto. En los anexos 21 y 22 se muestran las rutas críticas obtenidas por medio del programa mencionado, dicha representación es por medio de un diagrama tipo Pert en el cual se muestra nuevamente la secuencia de las actividades, su identificador, su nombre, duración y fechas de inicio y terminación, la ruta crítica propuesta se resalta en color rojo y las actividades que pueden ser prolongadas o retrasadas en duración se muestran en color negro, el primer

anexo mencionado es para la construcción del restaurante y el segunda para el acuario.

Para poder comprobar que los datos obtenidos por medio de la computadora son correctos, en los mismos anexos se incluyen los cálculos de las holguras libres y totales de cada actividad, las actividades críticas que conforman las rutas del mismo nombre deberán y tienen holguras con valor de 0, y el resto de las actividades tendrán un valor determinado de su holgura, lo cual nos muestra que tanto podemos modificar esa actividad, de otra manera, que tantos días podemos posponer o adelantar la duración de la actividad sin modificar la duración total de nuestro proyecto.

Por último es importante señalar que el programa de obra propuesto puede y debe sufrir modificaciones conforme el proyecto se realice, es decir se deben ajustar las fechas y los recursos del mismo de acuerdo a imprevistos o modificaciones que surjan en el sitio de la obra.

Como parte extraordinaria y sin motivo de ningún análisis posterior dentro de esta tesis, se muestra un programa de recursos humanos y de maquinaria para la construcción simultanea de nuestros edificios, en dicho programa, de acuerdo a las fechas y duraciones antes calculadas, se puede ver cuando y en que cantidad ocuparemos las diversas máquinas y trabajadores en nuestro proceso constructivo para así poder estimar los materiales que debemos tener preparados y un flujo de caja preparado correctamente. Dicho programa se encuentra en el anexo 23.

## **VI.5 Breve descripción de los procesos constructivos.**

---

A continuación se tratará de describir el proceso constructivo que se seguirá en cada una de las edificaciones analizadas en el presente proyecto, tratando de describir la utilización de los materiales y maquinaria antes listados y así poder justificar el programa de obra propuesto que nos indica la secuencia necesaria a seguir.

### ***Proceso constructivo del restaurante:***

- Para el levantamiento topográfico: Primeramente se delimitará el área constructiva realizando el levantamiento por medio de varias cuadrillas de personal, cada cuadrilla incluirá un teodolito, un estadal, un topógrafo, un cadenero y un ayudante general. En dicho levantamiento se considerará el área total del restaurante la cual será dividida en tres partes iguales, ocupándose cada cuadrilla de una de ellas.
- Para la limpieza del terreno: Se realizará la limpieza del terreno por medio de punzones que estarán destinados a derribar los árboles existentes y flora de altura considerable, de angledozers y cucharones con retroexcavadoras los cuales se dedicarán a remover la maleza, suelo y roca existentes dentro del área delimitada, asimismo se necesitarán camiones de volteo los cuales transportarán el material recogido por las máquinas antes citadas y lo depositarán en un sitio de acopio previamente delimitado, adicionalmente necesitaremos ayudantes generales los cuales asistirán en actividades diversas como por ejemplo cortar aquellos árboles que los punzones derriben y así facilitar su acarreo hacia la zona de acopio.
- Para la excavación de la cimentación: Se harán las excavaciones pertinentes para construir la cimentación propuesta en el capítulo IV del presente a la profundidad que en ese capítulo se establece. Como dicha cimentación se desplanta a una profundidad que involucra excavación en suelo blando y en roca, y es muy pequeña la dimensión por zapata que se removerá se utilizarán métodos convencionales para realizar la excavación, es decir, se removerá el material blando por medio de picos, palas y carretillas, en el caso de la roca, ésta primeramente se fracturará por medio de martillos neumáticos para así poder remover el contenido por medio de palas y las propias manos. El total de zapatas se

dividirá en cinco partes iguales para así poder destinar a los ayudantes generales propuestos , los cuales administrarán las palas, picos, carretillas y taladros de manera conveniente para excavar la totalidad necesaria en el tiempo asignado.

- Para el armado de la cimentación: Se coloca el armado de cada uno de los elementos estructurales de la cimentación que se propuso en el capítulo IV. Para esto es necesario doblar, cortar, colocar y realizar los amarres pertinentes con la varilla de acero existente de acuerdo a los diseños obtenidos en ese mismo capítulo, para esto necesitaremos dobladoras de varilla, cortadoras de varilla y herreros. Será necesario dejar las terminaciones pertinentes para poder amarrar las varillas que formarán nuestras columnas.
- Para el cimbrado de la cimentación: Posteriormente se colocará la cimbra de madera rodeando el contorno del armado por medio de ayudantes generales. En dicha cimbra habrá que tener especial cuidado en no dejar fuga alguna a través de las cuales se podría escurrir o escapar el concreto que posteriormente se verterá.
- Para el colado de la cimentación: Una vez colocada la cimbra, se puede realizar el colado de los elementos de la cimentación utilizando concreto tipo V, carretillas para transportar dicho concreto del lugar donde lo deposite la olla al lugar requerido y vibradores para concreto a base de gasolina para eliminar la presencia de burbujas de aire en el interior, naturalmente necesitaremos ayudantes generales que se encarguen de colocar, transportar y vibrar dicho concreto.
- Para el fraguado de la cimentación: Una vez realizado el colado de los elementos antes mencionados, necesitamos que el concreto se endurezca por sí solo para así alcanzar su resistencia máxima después de catorce días, durante este proceso es necesario curar dicho concreto, es decir proporcionarle la humedad necesaria por medio de rocío o franelas mojadas que transmitan la humedad al elemento colado, por lo tanto será necesario asignar a uno o dos ayudantes generales para esta tarea.
- Para el descimbrado de la cimentación: Una vez que el concreto ha endurecido sin necesariamente alcanzar su resistencia máxima, hablamos de un periodo de 36 a 72 horas, necesitamos quitar la cimbra antes colocada, para esto necesitamos nuevamente ayudantes generales teniendo especial cuidado en quitar la madera sin romperla o fracturarla y así poderla emplear nuevamente en otros elementos que la necesiten.

- **Para el relleno de la cimentación:** Este relleno será únicamente en el espacio o diferencia que queda entre el elemento estructural de la cimentación y la columna que se desplantará sobre éste, el material que se utilizará para este pequeño relleno, el cual será de un espesor muy pequeño, será parte del mismo material que se excavó inicialmente, para su colocación necesitaremos ayudantes generales, carretillas y palas.
- **Para la nivelación del terreno:** Primeramente se realizará una nivelación a tres metros por encima del terreno natural con un área total indicada en planos constructivos del restaurante, para esto utilizaremos el material más abundante en la Isla, es decir, el sahcab.; este material será acarreado por medio de camiones de volteo y colocado por medio de angledozers y cucharones con retroexcavadoras, será necesario compactar dicho montículo de tierra por medio de aplanadoras y bailarinas a manera de tener un suelo firme que cumpla con la altura deseada. Los ayudantes generales serán necesarios para auxiliar en la colocación del sahcab y la operación de las bailarinas. Posteriormente se realizará sobre la nivelación anterior, una nueva nivelación de área menor que la primera a una altura total de 4.5 m con respecto al terreno natural, el procedimiento para esto será análogo al anterior.
- **Para el colado del firmes:** Los firmes que se desplantaran en el restaurante tienen diez cm de espesor y son de concreto simple, para colar dichos firmes se recurre al uso de carretillas, palas y enrasadores de concreto, es decir para los firmes no será necesario el empleo de bombas de concreto implicando esto un ahorro económico empero se necesitarán varios ayudantes generales que puedan realizar el trabajo adecuadamente en el tiempo previsto para dicha actividad.
- **Para el armado de columnas y trabes:** Para realizar los diversos armados de elementos estructurales tales como columnas y trabes, será necesario el empleo de dobladoras y cortadoras de varilla, asimismo se requerirán diversos herreros con experiencia para poder hacer los amarres y en general para realizar el armado de estos elementos, cabe mencionar que al realizar el armado de los elementos, será necesario amarrarse en los elementos previamente existentes y dejar las preparaciones necesarias para el elemento siguiente.
- **Para el cimbrado de columnas y trabes:** Como en el caso de las zapatas de cimentación, el cimbrado de trabes será realizado por ayudantes generales pero en este caso utilizaremos triplay ya que se trata de elementos de sección circular, asimismo la apariencia final de estos

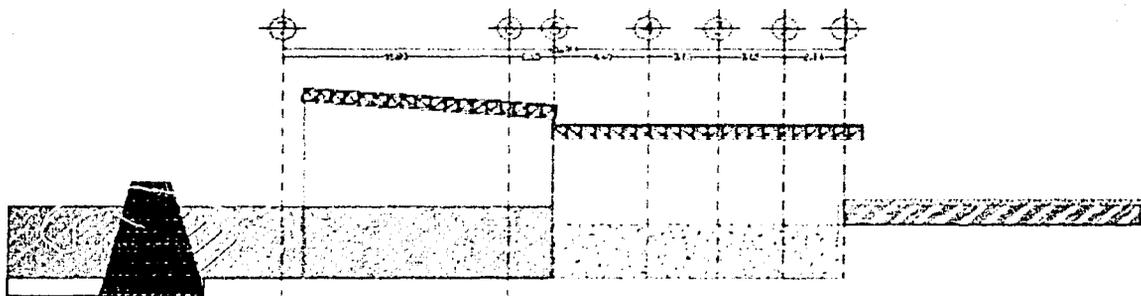
elementos debe ser lo más lisa posible por lo que antes de cimbras aplicaremos sobre la superficie de contacto de la madera, aceite especial para cimbra, permitiendo esto tener un mejor acabado en los elementos que posteriormente serán grabados.

- Para el colado de columnas y trabes: Debido a la gran extensión que abarcan nuestras columnas y trabes, para colar dichos elementos necesitaremos el empleo de bombas para concreto móviles, las cuales serán asignadas a las distintas ollas de concreto que nos proveerán de dicho material, asimismo será muy importante el uso de vibradores para concreto a base de gasolina para asegurar una mezcla perfecta del concreto sin presencia de burbujas de aire. De igual manera necesitaremos trabajadores que realicen dicho vibrado, y que colaboren para colocar el concreto en su lugar por medio de las bombas antes descritas.
- Para el fraguado de columnas y trabes: Una vez realizado el colado de los elementos antes mencionados, necesitamos que el concreto se endurezca por sí solo para así alcanzar su resistencia máxima después de catorce días, durante este proceso es necesario curar dicho concreto, es decir proporcionarle la humedad necesaria por medio de rocío o franelas mojadas que transmitan la humedad al elemento colado, por lo tanto será necesario asignar a uno o dos ayudantes generales para esta tarea.
- Para el descimbrado de columnas y trabes: Una vez que el concreto ha endurecido sin necesariamente alcanzar su resistencia máxima, hablamos de un periodo de 36 a 72 horas, necesitamos quitar la cimbra antes colocada, para esto necesitamos nuevamente ayudantes generales teniendo especial cuidado en quitar la madera sin romperla o fracturarla y así poderla emplear nuevamente en otros elementos que la necesiten.
- Para el grabado de columnas y trabes: Como se ha mencionado desde el inicio de la presente tesis, las columnas llevarán motivos relacionados con la cultura maya, por lo tanto después de su descimbrado, se asignarán varios grabadores artesanales los cuales utilizando técnicas comunes imprimirán los dibujos en las columnas y trabes del edificio.

### ***Proceso constructivo del acuario:***

- **Para el levantamiento topográfico:** Primeramente se delimitará el área constructiva realizando el levantamiento por medio de varias cuadrillas de personal, cada cuadrilla incluirá un teodolito, un estadal, un topógrafo, un cadenero y un ayudante general. En dicho levantamiento se considerará el área total del acuario la cual será dividida en tres partes iguales, ocupándose cada cuadrilla de una de ellas.
- **Para la cimentación:** Como nuestra construcción se localiza tanto en tierra firme como dentro del mar el proceso que se llevará a cabo para construir la cimentación será diferente al empleado en la edificación antes descrita. Primeramente necesitamos evitar la entrada de agua a nuestra área delimitada, para ello construiremos una especie de dique de retención de manera similar a como se construye para la construcción de una presa, es decir, por medio de embarcaciones utilizaremos ayudantes generales que arrojarán sacos o bultos rellenos de arena en las zonas seleccionadas para la construcción de dicho dique la zona antes referida es mayor en largo, ancho y alto que la superficie del acuario, para poder tener espacio suficiente para realizar maniobras pertinentes al resto del proceso constructivo, los sacos serán colocados según se requiera por buzos que se localizarán en el fondo del mar, aquí cabe mencionar que antes de poder determinar este procedimiento, se analizó la red de flujo y como nuestro estrato inferior es roca caliza dura, no existen filtraciones de agua por debajo del dique que se construirá. Acto seguido se tendrá que extraer el agua contenida dentro del dique, para ello utilizaremos bombas de agua de alta potencia arrojando el agua confinada nuevamente al mar. Posteriormente al igual que en el restaurante se limpiará el terreno con la misma maquinaria y mano de obra, en este punto cabe mencionar que al limpiar el terreno que se descubrió al extraer el agua salada, existirán especies tales como corales y similares que pueden ser rescatados por lo que será necesario contar con gente especializada que realice esta tarea de ser necesario previo a la introducción de maquinaria. Una vez realizada la limpieza del terreno se procederá a la excavación del mismo, de este punto en adelante el proceso será análogo al descrito anteriormente, de acuerdo a las actividades descritas en éste mismo capítulo.

A continuación se presenta un croquis donde se presenta lo arriba descrito con respecto a la cimentación:



Para las actividades antes descritas será necesario tener un sistema adecuado de control y supervisión tanto de los materiales como de los trabajadores involucrados, por lo tanto, se realizarán por ejemplo, las pruebas necesarias al concreto, revisando siempre su revenimiento y resistencia por medio de pruebas de corazones esporádicas y en elementos escogidos al azar, asimismo se cuidará que el acero utilizado se encuentre en condiciones óptimas para su futura colocación. Con respecto a la supervisión de los trabajadores, será necesario tener residentes de obra, los cuales serán responsables directamente de la calidad en las actividades asignadas a cada uno de ellos, se propone que dichos residentes se dividan por secciones o niveles dentro de las edificaciones y de cada grupo de estos, se tendrán que sub - dividir en tareas específicas, así por ejemplo, tendremos un residente para supervisar la construcción de columnas del nivel 3+00, otro residente que revisará la construcción de muros interiores en otro nivel etc. Adicionalmente, para las tareas adicionales tales como cancelería interior, suministro y colocación de muebles, instalaciones eléctricas y similares, se sub - contratarán empresas especializadas en cada una de estas áreas, las cuales serán responsables de la calidad de sus trabajos. Por último se tendrá una supervisión general, la cual será responsable de verificar todas y cada una de las obras realizadas en el lugar de interés, dicha supervisión tendrá una jerarquía mayor a las supervisiones de los residentes y empresas sub - contratadas teniendo la facultad de aprobar o rechazar sus trabajos.

## **CAPITULO VII: CONCLUSIONES.**

---

Como se ha mencionado con anterioridad, el fin de la presente tesis, es plantear un sistema constructivo óptimo, en el cual tanto las cimentaciones como los recursos sean los adecuados para satisfacer las necesidades de un nuevo centro Eco - turístico en la Isla de Cozumel en el estado de Quintana Roo.

A lo largo de los diferentes capítulos se han mencionado y descrito los diferentes cálculos que se necesitan para estructurar primeramente una nueva sección de pavimento que nos facilite el acceso al Centro Eco - turístico, las cimentaciones adecuadas para dos de las estructuras más representativas del mismo atendiendo a las propiedades y características del suelo predominante en la isla y un proceso constructivo adecuado que nos permita preestablecer un programa de obra y actividades a realizar optimizando de ésta manera los recursos y tiempos para la construcción satisfactoria del centro. De todo lo antes realizado podemos establecer diversos puntos que vale la pena resaltar y que nos servirán como conclusiones del trabajo antes expuesto.

- Primeramente vale la pena destacar la importancia de realizar un nuevo Centro Eco - turístico en la Isla de Cozumel. Cozumel se ha convertido últimamente en un importante centro turístico para el país atrayendo cada día a un mayor número de turistas y por ende divisas a esta isla, incrementando la posibilidad de un desarrollo sustentable y real para México. Se ha visto a lo largo de los capítulos de ésta tesis la manera en que en los últimos años se han incrementado los turistas que están interesados en visitar una de las mejores zonas del mundo para practicar el deporte submarino destacando naturalmente el buceo en la Isla de Cozumel, si bien el número de hoteles y servicios para el turista han mejorado en cuanto a calidad y cantidad se refiere, aun se necesita crear centros de atracción fuera de los hoteles y en zonas que no han sido explotadas todavía dentro de la isla, es decir, se necesita crear nueva infraestructura en toda la superficie de Cozumel para incrementar el interés del turismo por visitar y permanecer en la Isla sacando el máximo provecho de una zona que por un lado posee grandes zonas arqueológicas y por otro lado una belleza

natural tanto en tierra firme como dentro del mar. Por lo antes mencionado y por la importancia de generar nuevas fuentes de empleo y captación de divisas surge la importancia de crear el "Centro Eco - turístico" el cual entre otras cosas facilita al turista las comodidades e instalaciones incluyendo ruinas arqueológicas, facilidades como clubs de playa, acuarios, criaderos de tortuga marina y grandes zonas para bucear.

- Otro punto importante que debemos destacar es con respecto al suelo predominante en la isla ya que es por esto que se han propuesto un análisis más detallado del diseño de cimentaciones para nuestras estructuras. Como se ha mencionado, la estructura del suelo de Cozumel es muy uniforme a lo largo de toda el área transversal de la isla, existiendo un material muy característico de toda la Península de Yucatán, es decir, el sahcab. En general existe un manto de roca uniforme ya sea superficial o máximo a medio metro de profundidad, dicho manto rocoso se extiende aproximadamente dos metros abajo del nivel del terreno teniendo aproximadamente un valor de resistencia de  $50 \text{ kg/cm}^2$ . El resto del suelo se conforma de sahcab, caliza suave y dolomitas, los cuales pueden subyacer al estrato de roca resistente o localizarse por encima de éste de manera poco significativa. En general existe suelo arenoso o vegetación por encima del manto rocoso.
- Con respecto al diseño y selección de la cimentación podemos decir lo siguiente: Gracias a los estudios geotécnicos realizados y a las características propias del suelo de Cozumel se ha desarrollado un análisis de cada una de las estructuras analizadas en el presente, obteniendo resultados muy satisfactorios ya que éstos nos permitirán reducir considerablemente el costo de la construcción de la cimentación, nos reducirán el tiempo de construcción y en general nos facilitara todo el proceso ya que se trata de zapatas aisladas, ya sea en tierra firme como es el caso del restaurante, o dentro del mar, caso específico, el acuario del Centro Eco - turístico. Las dimensiones propuestas para las zapatas a utilizar se ven en los anexos del presente trabajo. En éstos resultados podemos observar que nuestra estructura será segura ya que cumple con todos los criterios y requisitos de diseño, saliendo muy sobrado en algunos aspectos como la capacidad de carga o la falla de volteo con respecto al eje "x" y al

eje "y" , pero resultando ser óptimo por ejemplo para la tensión diagonal (análisis de cortantes)

- El análisis de otras estructuras (que aparecen en la planta de conjunto anexo 1) dentro del Centro Eco - turístico no lo consideramos necesario en este momento, pero hay que resaltar la importancia y necesidad que para la realización del proyecto será necesario desarrollarlo partiendo de una cimentación a base de zapatas aisladas, ya que los edificios analizados en el presente son los más críticos debido a sus dimensiones o localización dentro del terreno.
- Con respecto al capítulo de pavimentos podemos resaltar diversos hechos resultado de los análisis y estudios realizados: La carretera existente que va del puerto de Cozumel a Mescalitos al igual que nuestro sistema carretero en general, presenta una edad considerable, sobrepasando muchos de los requisitos y características actuales que cuando fueron construidas regían y eran más que suficientes. Lo anteriormente mencionado lo podemos observar claramente con los aforos vehiculares realizados y las estadísticas recientes consultadas, ya que es muy cierto que el turismo en la isla se ha incrementado de manera muy considerable, asimismo el tipo de vehículos que transitan actualmente por la carretera analizada, difieren en cuanto a características de los antiguos vehículos.
- De los análisis de calificación actual del pavimento y del levantamiento fotográfico realizado podemos darnos cuenta que la actual carretera Cozumel - Mescalitos presenta deterioros que van de un nivel bajo a una severidad bastante grande a lo largo de su sección transversal, tanto en los carriles origen - destino como en sentido contrario, principalmente en el cuerpo "A" de cada uno de los sentidos de la mencionada carretera. De los catorce kilómetros analizados, mismos que cubren la totalidad de la longitud de la carretera, únicamente en cuatro kilómetros la recomendación hecha es de reconstrucción, en el resto de la carretera es necesario una rehabilitación misma que con el paso del tiempo puede degenerar en el primer caso recomendado.
- Si bien hemos recomendado para casi toda la carretera una rehabilitación, que después de analizar las fallas, perforar algunos pozos a cielo abierto podremos establecer el método de

rehabilitación a seguir, consideramos de gran importancia la reconstrucción de la sección transversal de la carretera, utilizando o simplemente incrementando aquellas capas que cumplan con los requerimientos de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte y los cálculos realizados en el capítulo correspondiente. Esta decisión deberá ser tomada en base al factor económico, ya que probablemente la reconstrucción total de ésta carretera sea demasiado costosa y por lo mismo y en base al análisis hecho podemos ver que en seis kilómetros no es tan urgente dicha reconstrucción y podemos proseguir simplemente a realizar una reencarpetación y bacheos.

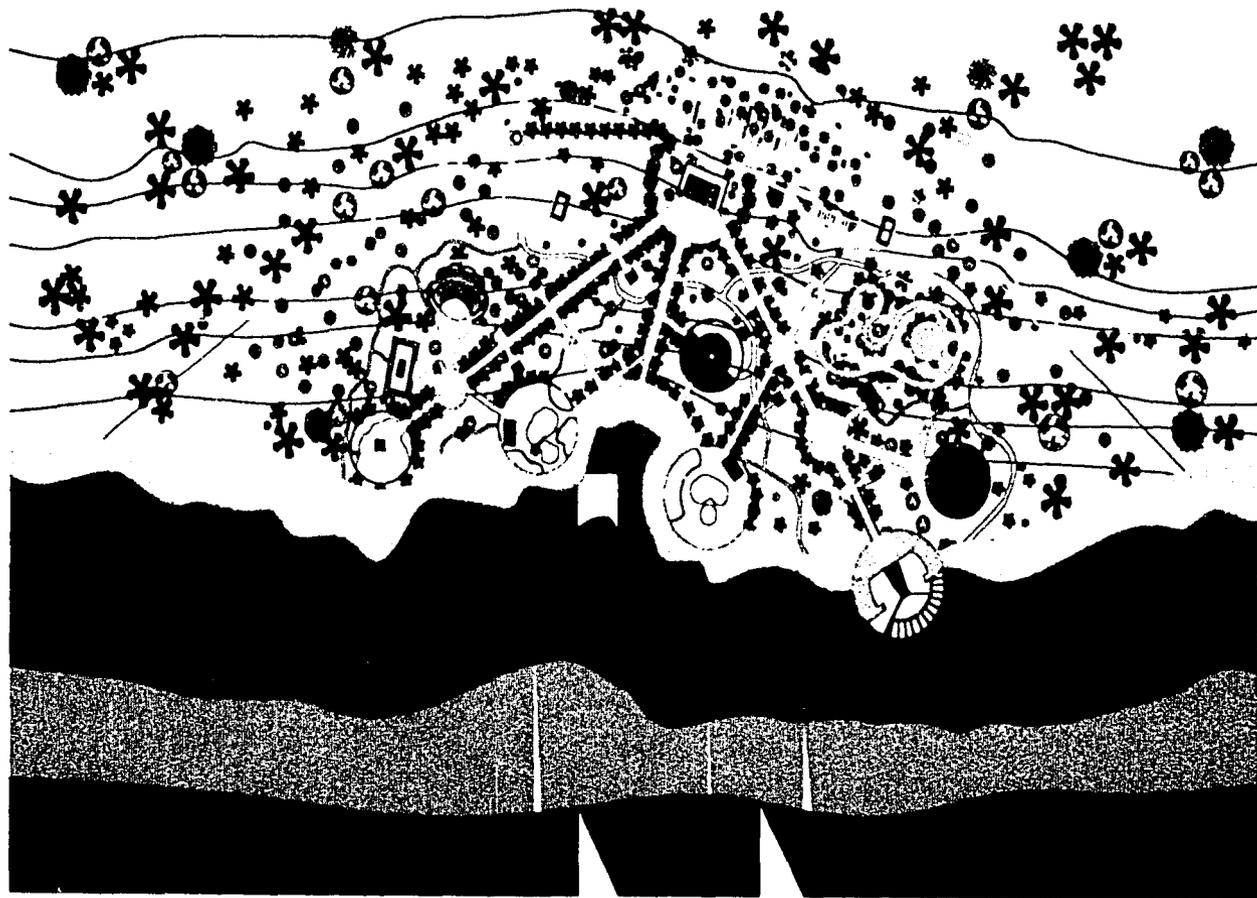
- Asimismo en el momento de realizar la nueva sección de pavimento, es importante establecer que debe tratarse como un pavimento flexible, es decir con una carpeta asfáltica debido primeramente a un factor económico ya que los espesores calculados son básicamente los mínimos establecidos, y al momento de crear una carpeta de concreto hidráulico nuestro costo se incrementaría considerablemente. De igual manera si únicamente se va a reconstruir una sección de la carretera, es importante conservar cierta homogeneidad en la superficie de rodamiento, y en general con la totalidad de carreteras existentes en Cozumel, incluyendo aquellas que están siendo construidas en la actualidad o muy recientemente.
- Con respecto a la carretera que va de Mescalitos a Punta Molas, debemos resaltar la importancia de su construcción ya que en ésta parte de la isla no existen carreteras construidas como se puede apreciar en el mapa de caminos existentes al inicio del presente. Si bien por un lado es importante conservar el medio existente en la actualidad, también es de gran importancia incrementar la infraestructura carretera dentro de la isla, es por eso, que se propone el trazo de una nueva carretera de dos carriles siguiendo el trazo de las veredas existentes y que son utilizadas como atractivos turísticos: la carretera propuesta se ha pensado diseñar afectando lo menos posible la vegetación actual (de aquí que se siga el trazo ya existente donde prácticamente no existe flora alguna) quedando como en la actualidad, únicamente árboles en los costados de la carretera, esto se realiza con el fin de proporcionar no sólo al turista, sino también a la población de

Cozumel, mayor rapidez, confort y seguridad durante su recorrido que se convertiría en un recorrido a lo largo y ancho de toda la isla. La carretera será estructurada como un pavimento flexible, nuevamente atendiendo al factor económico, a la homogeneidad entre los demás caminos existentes con una proyección de 15 años de servicio.

- Las dos secciones propuestas, cabe mencionar, que atienden a una proyección del incremento turístico y por ende de vehículos que tiene Cozumel y de igual manera se considera un incremento en los factores antes mencionados debido a la construcción de nuestro nuevo Centro Eco - turístico.
- También hay que mencionar un aspecto relevante en el proceso constructivo de las dos estructuras propuestas: Debemos tener conciencia que realmente no se puede establecer con certeza un proceso constructivo para la excavación de la cimentación, ya que aún con el procedimiento planteado en el presente trabajo, hay que prever factores que pueden surgir tales como la existencia de oquedades, grietas o cavernas en el estrato rocoso donde se desplantará; de existir alguna de estas fallas naturales en nuestra área de cimentación, será necesario tratarlas atendiendo a su naturaleza, por ejemplo, alguna grieta se podrá rellenar con concreto o de existir alguna caverna de dimensiones importantes a la profundidad estipulada, será necesario mover toda nuestra área de cimentación.
- Para cumplir satisfactoriamente con el proceso constructivo marcado y para minimizar los costos por concepto de mano de obra y materiales, se procurará explotar al máximo los recursos locales así como los proveedores más cercanos; de igual manera se debe considerar mano de obra de la región donde se llevará a cabo nuestra obra de ésta manera se minimizarán los costos y se proporcionara un incremento de trabajo en Cozumel.
- El programa de obra propuesto, se ha realizado en base al calendario que la Ley Federal de Trabajo Considera, atendiendo a lo estipulado con relación tiempo extra, jornadas laborales y días de asueto. Dicha programación de obra, contempla recursos económicos, de material y mano de obra ilimitados, cualquier alteración en éstos recursos, implicará una nueva programación de obra.

# ANEXOS.

---



ANEXO 1: PLANTA DE CONJUNTO



Elaboró:

Sergio Aguilera Gutiérrez

Alfonso Barrera Rosales

Revisó:

Sergio Aguilera Gutiérrez

Alfonso Barrera Rosales

Fecha:

Sergio Aguilera Gutiérrez

Alfonso Barrera Rosales

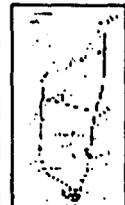
Proyecto:

Centro Educativo - Veracruz

Localización:

Puerto Rico, Veracruz, G. Méx.

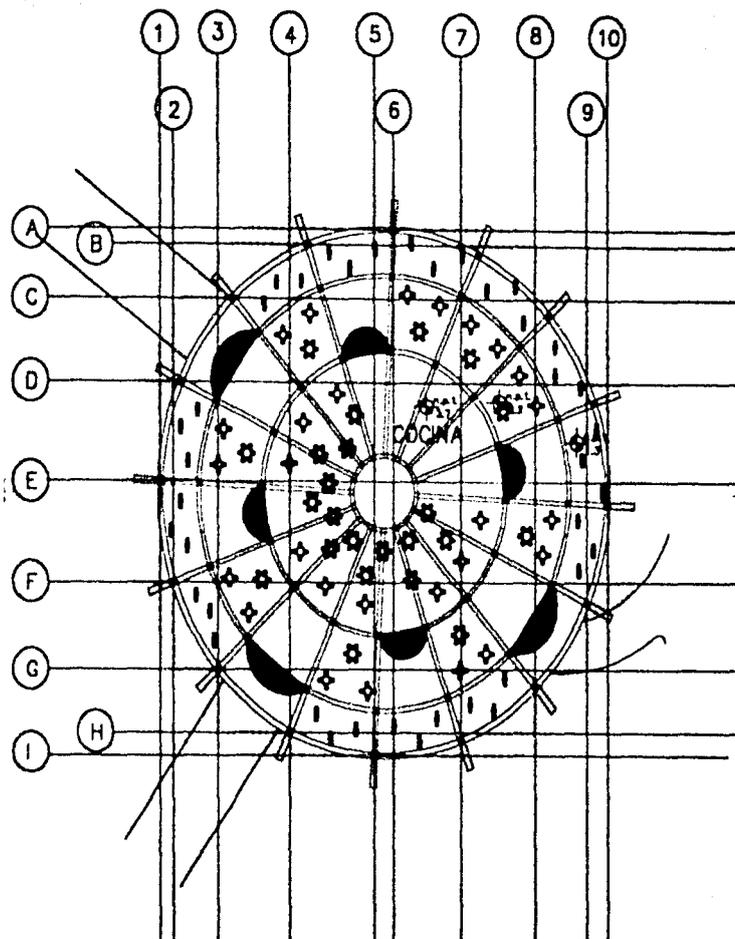
Diagrama de Verificación:



Plantas de conjunto:

Elaboró:

FE:



Anexo 2: Planta restaurante

Grupo

Sergio Aguirre Gutiérrez

Aljondra Herrera Gomez

Grupo

Sergio Aguirre Gutiérrez

Aljondra Herrera Gomez

Grupo

Sergio Aguirre Gutiérrez

Aljondra Herrera Gomez

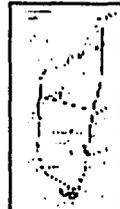
Proyecto

Centro Edu - Turística

Localización

Puerto Rico, General, G. Río

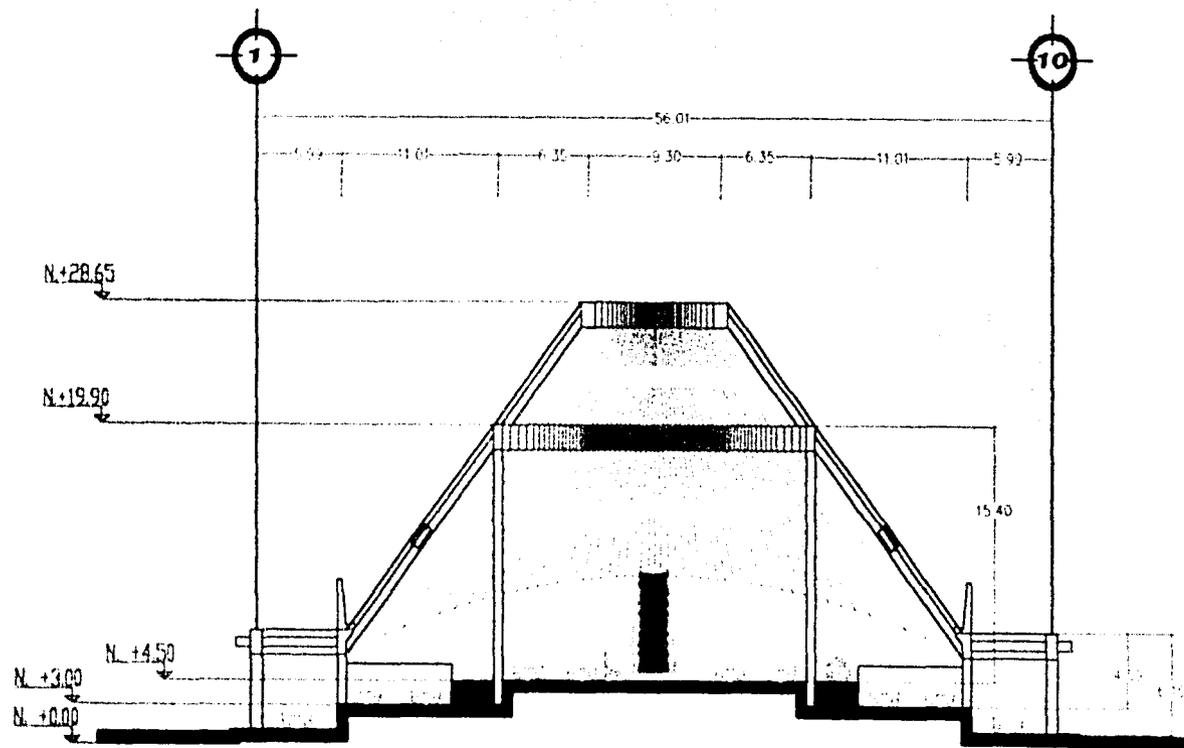
Grupo de localización



Fecha: Ingeniería

Grupo

Fecha



ANEXO 3: CORTE LONGITUDINAL

Objeto

Proyecto

Proyecto

Objeto

Proyecto

Proyecto

Objeto

Proyecto

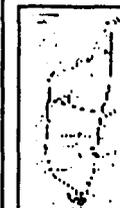
Proyecto

Proyecto

Proyecto

Proyecto

Proyecto



Proyecto

Objeto

C.E.



Mapa

Grupo Académico Estudios

Asignatura Materia Construcción

Objetivo

Grupo Académico Estudios

Asignatura Materia Construcción

Objetivo

Grupo Académico Estudios

Asignatura Materia Construcción

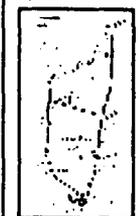
Proyecto

Centro Educativo - Portofolio

Localización

Parque Edificios, General, 6 Sur

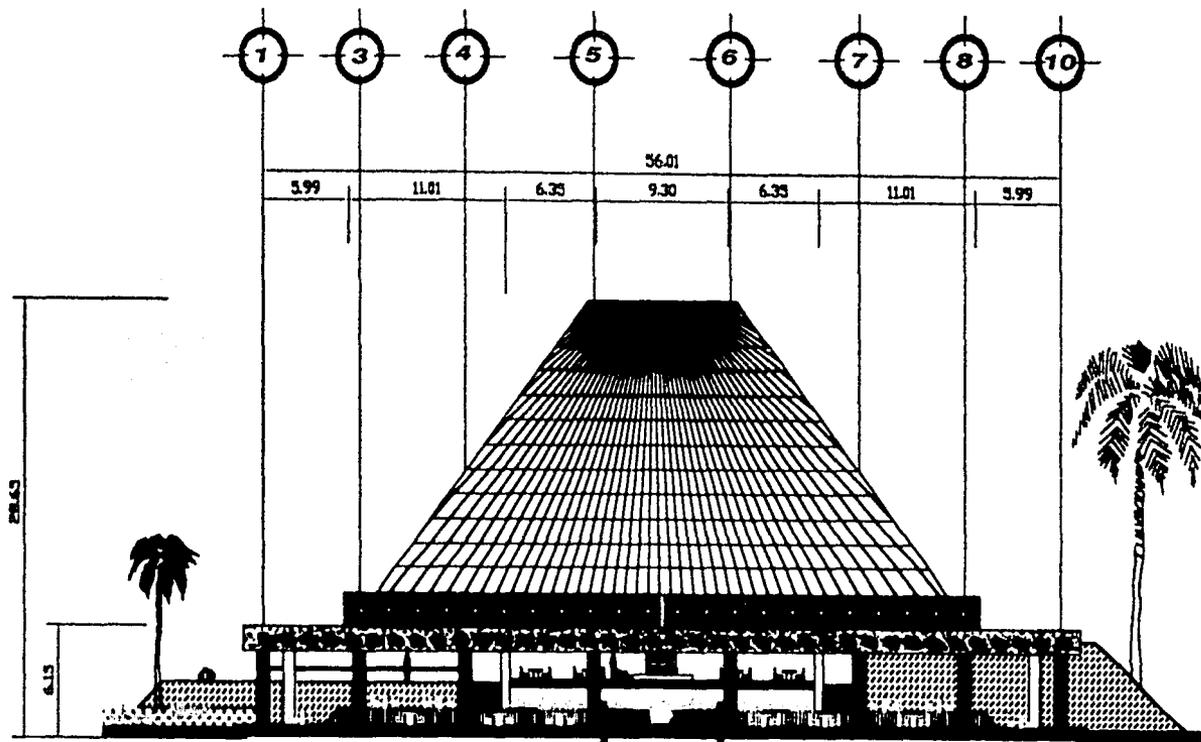
Mapa de localización



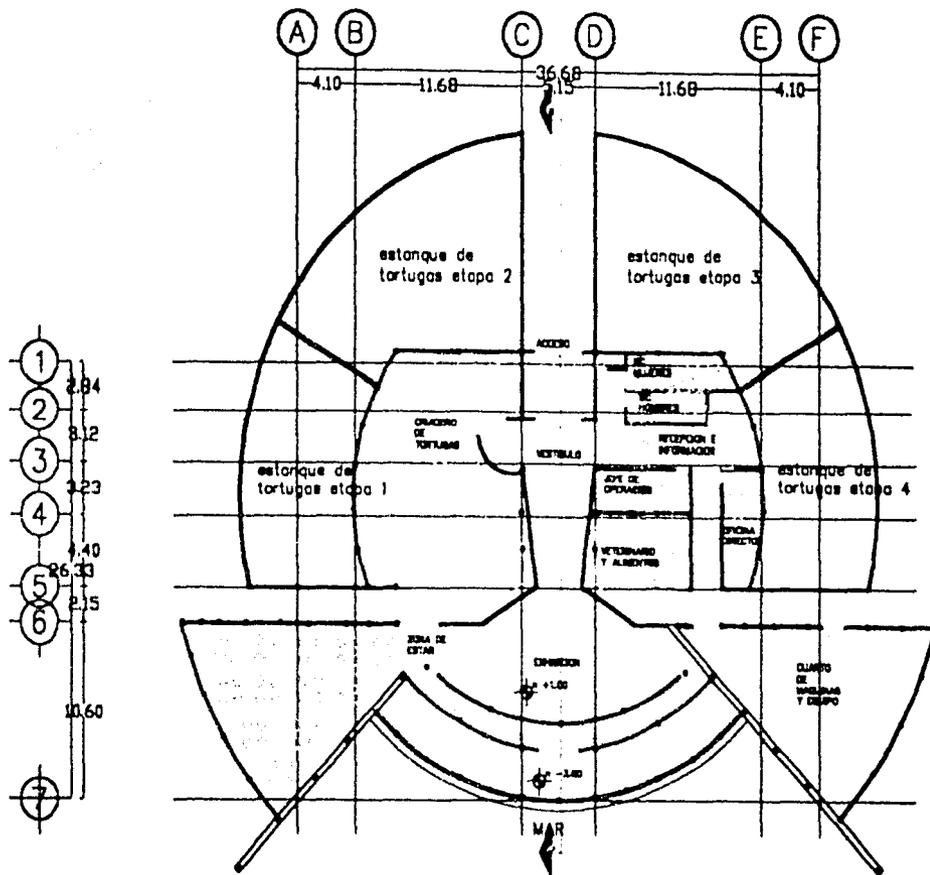
Plancha Referencial

Escala

FR



ANEXO 4: FACHADA SUR ORIENTE



ANEXO 5: PLANTA  
ARQUITECTÓNICA ACUARIO

Maestro

Sergio Aguilera Gutiérrez

Alfonso Herrera Cuevas

Arquitecto

Sergio Aguilera Gutiérrez

Alfonso Herrera Cuevas

Arquitecto

Sergio Aguilera Gutiérrez

Alfonso Herrera Cuevas

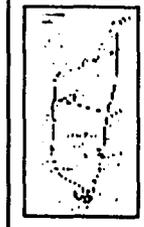
Proyecto

Cuadro 5a - Tortugas

Localización

Puerto Milla, General, & Río

Organismo de Ejecución

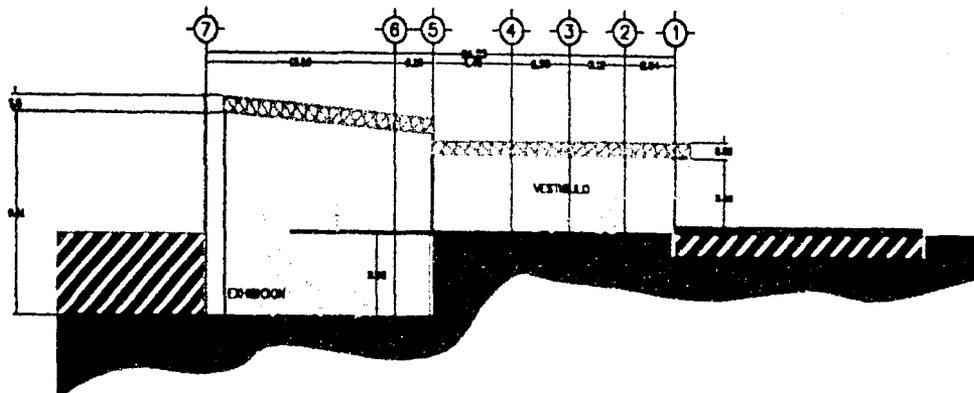


Planificación

Arquitecto

Arquitecto

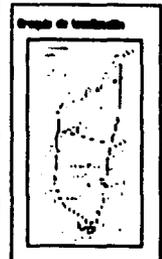
Arquitecto



ANEXO 6: CORTE LONGITUDINAL  
ACUARIO

Obra
Carga Aplicada: Cálculo
Aljibe: Barrera: Cálculo
Obra
Carga Aplicada: Cálculo
Aljibe: Barrera: Cálculo
Obra
Carga Aplicada: Cálculo
Aljibe: Barrera: Cálculo

Proyecto:  
Centro de - Perfiles  
Localización:  
Punto: Mts, Cms, & Rm



Corte Longitudinal Acuario

Obra

C.A.

## ANEXO 7

### REACCIONES DE LOS APOYOS EN EL RESTAURANTE

REACCIONES EN LOS APOYOS - UNID KG M TIPO DE ESTRUCTURA = ESPACIAL

APOYO	Fuerza-X	Fuerza-Y	Fuerza-Z	Mom -X	Mom -Y	Mom -Z
1	-559.8	24751.31	-6.56	-19.73	-5.66	-306.28
2	-1123.87	24344.73	689.66	1553.19	186.29	2156.37
3		24430.31	1087.39	2454.05	3.77	2049.83
4	-642.88	24472	1343.77	3009.52	7.69	1504.76
5	-256.58	24440.01	1438.71	3184.02	-15.32	767.43
6	135.53	24315.09	1302.85	2785.89	-41.21	54.36
7	418.17	24113.68	932.77	1850.27	-54.02	-311.81
8	568.65	23946.35	465.83	846.5	-19.94	-381.11
9	693.69	23931.31	-6.64	-19.79	5.68	-630.12
10	605.88	23974.28	-484.37	-906.96	23.04	-504.06
11	441.96	24127.07	-939.21	-1875.42	46.51	-389.62
12	140.98	24302.8	-1281.89	-2718.53	35.49	40.58
13	-256.71	24421.16	-1411.15	-3091.39	15.32	767.72
14	-648.02	24461.09	-1323.31	-2943.21	-1.99	1518.15
15	-976.06	24443.88	-1093.3	-2478.43	3.72	2129.17
16	-1160.84	24371.59	-708.8	-1614.92	-189.48	2279.07
33	-5970.44	32938.69	-5.96	-10.32	-4.26	-18795.85
34	-1800.01	27075.05	879.68	1345.34	59.78	2451.55
35	-1588.07	27191.63	1698.49	2524.6	4.87	2296.01
36	-992.2	27359.73	2173.14	3205.83	0.43	1527.74
37	-252.07	27233.71	2325.83	3414.15	-6.27	526.93
38	456.66	26953.41	2084.83	3014.12	-15.61	-443.31
39	953.25	26781.21	1493.35	2081.3	-19.76	-1052.76
40	1223.54	26629.84	752.83	1005.99	-7.47	-1322.69
41	1391.67	26128.87	-7.4	-15.39	2.14	-1576.05
42	1260.64	26728.34	-773.4	-1051.03	8.53	-1404.64
43	976.36	26757.52	-1502.83	-2102.57	17.07	-1102.34
44	459.42	26944	-2064.93	-2970.74	13.61	-448.63
45	-251.98	27207.71	-2296.61	-3350.17	6.32	526.81
46	-994.58	27350.53	-2153.4	-3162.78	1.66	1532.56
47	-1610.96	27167.65	-1708.45	-2546.67	-2.12	2345.31
48	-1837.13	27173.73	-901.28	-1391.98	-60.71	2533.59
65	190.57	23357.67	-0.81	-4.25	-3.87	-940.35
66	148.01	24655.43	-60.88	-297.29	19.07	-720.32
67	104.78	24810.94	-105.08	-505.91	14.97	-494.61
68	50.65	24792.18	-135.18	-645.73	6.67	-223.06
69	-15.84	24855.09	-144.64	-688.75	-2.15	75.84
70	-92.5	25113.84	-132.8	-635.2	-13.31	371.93
71	-163.15	25584.07	-102.27	-495.66	-18.27	632.49
72	-210.39	26049.71	-55.92	-274.56	-9.73	811.53
73	-225.47	26263.36	-0.94	-5.16	3.63	865.2
74	-178.72	25745.85	54.88	267.49	10.08	795.92
75	-161.87	25603.34	102.67	497.21	13.66	624.76
76	-92.47	25189.95	133.7	641.22	11.56	371.78
77	-15.93	24919.73	145.87	697.09	2.01	76.59
78	50.4	24867.86	136.14	652.23	-5.19	-221.33
79	103.38	24830.44	105.6	508.4	-10.66	-485.91
80	116.28	24352.48	60.04	291.7	-19.66	-704.21
<b>SUMA</b>	<b>-11588.07</b>	<b>1227460.2</b>	<b>0.02</b>	<b>7.57</b>	<b>-3.09</b>	<b>-825.08</b>

val. criticos

## Anexo B

### Diseño de la cimentación del restaurante

**Datos:**

Roca:	Caliza.		
Textura:	Densa, grano fino, porosa.		
Tonalidad:	En general obscura, existen algunas rocas claras		
Fisuras horizontales:	no existen		
Fisuras verticales:	menos de un 5%		
Densidad:	$\rho =$	2.40	gr/cm <sup>3</sup>
Porosidad:	Porosidad =	14.00	%
Resistencia compresión:	$q_u =$	50.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia tensión :	$\tau =$		kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al corte:	$s =$		kg/cm <sup>2</sup>
Presión admisible:	$P_{adm} =$	20.00	kg/cm <sup>2</sup>
Índice de calidad:	RQD =	25.00	%
Ángulo de fricción interna:	$\phi =$	45.00	°
Cohesión aparente:	$C =$	205.00	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo elasticidad:	$E =$	700000.00	kg/cm <sup>2</sup>
Relación Poisson:	$\nu =$	0.25	
Peso específico	$\gamma =$	24.00	kN/m <sup>3</sup>
Coefficiente fricción interna:	$\mu =$	0.90	
Tipo relleno en fisuras:	menores de 1mm arcillosos de 1 a 2 cm.		
Cohesión relleno:	$C_{rell} =$	1.00	kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo fricción relleno:	$\phi =$	21.00	°
Esfuerzo normal relleno	$\sigma_{v \text{ rell}} =$	18.00	kg/cm <sup>2</sup>

Nivel de desplante de la cimentación: 1.00 m

Se utilizará el sondeo que se encuentra a 250 m del mar y que se encuentra dentro del presente en el capítulo de cimentaciones, subcapítulo de sondeos.

Columna	Columna más cercana	Distancia c/r a la más cercana	Reacc. Vert. (kg)	Diámetro (m)	Cimentación Propuesta	Ancho (m)	Largo (m)
1	33	6.00	24751.31	0.80	Zapata	1.30	1.30
2	34	6.00	24344.73	0.80	Zapata	1.30	1.30
3	35	6.00	24430.31	0.80	Zapata	1.30	1.30
4	36	6.00	24472.00	0.80	Zapata	1.30	1.30
5	37	6.00	24440.01	0.80	Zapata	1.30	1.30
6	38	6.00	24315.09	0.80	Zapata	1.30	1.30
7	39	6.00	24113.68	0.80	Zapata	1.30	1.30
8	40	6.00	23946.35	0.80	Zapata	1.30	1.30
9	41	6.00	23931.31	0.80	Zapata	1.30	1.30
10	42	6.00	23974.28	0.80	Zapata	1.30	1.30
11	43	6.00	24127.07	0.80	Zapata	1.30	1.30
12	44	6.00	24302.80	0.80	Zapata	1.30	1.30
13	45	6.00	24421.16	0.80	Zapata	1.30	1.30
14	46	6.00	24461.09	0.80	Zapata	1.30	1.30
15	47	6.00	24443.88	0.80	Zapata	1.30	1.30
16	48	6.00	24371.59	0.80	Zapata	1.30	1.30
33	1	6.00	32938.69	0.60	Zapata	1.30	1.30
34	2	6.00	27075.05	0.60	Zapata	1.30	1.30
35	3	6.00	27191.63	0.60	Zapata	1.30	1.30
36	4	6.00	27359.73	0.60	Zapata	1.30	1.30
37	5	6.00	27233.71	0.60	Zapata	1.30	1.30

38	6	6.00	26953.41	0.60	Zapata	1.30	1.30
39	7	6.00	26781.21	0.60	Zapata	1.30	1.30
40	8	6.00	26629.84	0.60	Zapata	1.30	1.30
41	9	6.00	26128.87	0.60	Zapata	1.30	1.30
42	10	6.00	26728.34	0.60	Zapata	1.30	1.30
43	11	6.00	26757.52	0.60	Zapata	1.30	1.30
44	12	6.00	26944.00	0.60	Zapata	1.30	1.30
45	13	6.00	27207.71	0.60	Zapata	1.30	1.30
46	14	6.00	27350.53	0.60	Zapata	1.30	1.30
47	15	6.00	27167.65	0.60	Zapata	1.30	1.30
48	16	6.00	27173.73	0.60	Zapata	1.30	1.30
65	66	7.53	23357.67	0.60	Zapata	1.30	1.30
66	67	7.53	24655.43	0.60	Zapata	1.30	1.30
67	68	7.53	24810.94	0.60	Zapata	1.30	1.30
68	69	7.53	24792.18	0.60	Zapata	1.30	1.30
69	70	7.53	24855.09	0.60	Zapata	1.30	1.30
70	71	7.53	25113.84	0.60	Zapata	1.30	1.30
71	72	7.53	25584.07	0.60	Zapata	1.30	1.30
72	73	7.53	26049.71	0.60	Zapata	1.30	1.30
73	74	7.53	26263.36	0.60	Zapata	1.30	1.30
74	75	7.53	25745.85	0.60	Zapata	1.30	1.30
75	76	7.53	25603.34	0.60	Zapata	1.30	1.30
76	77	7.53	25189.95	0.60	Zapata	1.30	1.30
77	78	7.53	24919.73	0.60	Zapata	1.30	1.30
78	79	7.53	24867.86	0.60	Zapata	1.30	1.30
79	80	7.53	24830.44	0.60	Zapata	1.30	1.30
80	66	7.53	24352.48	0.60	Zapata	1.30	1.30

Peso aproximado de la cimentación

Columna	Vol. Zapata (m <sup>3</sup> )	Peso Zapata kg	Peso Total kg
1	1.69	4056.00	28807.31
2	1.69	4056.00	28400.73
3	1.69	4056.00	28486.31
4	1.69	4056.00	28528.00
5	1.69	4056.00	28496.01
6	1.69	4056.00	28371.09
7	1.69	4056.00	28169.68
8	1.69	4056.00	28002.35
9	1.69	4056.00	27987.31
10	1.69	4056.00	28030.28
11	1.69	4056.00	28183.07
12	1.69	4056.00	28358.80
13	1.69	4056.00	28477.16
14	1.69	4056.00	28517.09
15	1.69	4056.00	28499.88
16	1.69	4056.00	28427.59
33	1.69	4056.00	36994.69
34	1.69	4056.00	31131.05
35	1.69	4056.00	31247.63
36	1.69	4056.00	31415.73
37	1.69	4056.00	31289.71
38	1.69	4056.00	31009.41
39	1.69	4056.00	30837.21
40	1.69	4056.00	30685.84

41	1.69	4056.00	30184.87
42	1.69	4056.00	30784.34
43	1.69	4056.00	30813.52
44	1.69	4056.00	31000.00
45	1.69	4056.00	31263.71
46	1.69	4056.00	31406.53
47	1.69	4056.00	31223.65
48	1.69	4056.00	31229.73
65	1.69	4056.00	27413.67
66	1.69	4056.00	28711.43
67	1.69	4056.00	28866.94
68	1.69	4056.00	28848.18
69	1.69	4056.00	28911.09
70	1.69	4056.00	29169.84
71	1.69	4056.00	29640.07
72	1.69	4056.00	30105.71
73	1.69	4056.00	30319.36
74	1.69	4056.00	29801.85
75	1.69	4056.00	29659.34
76	1.69	4056.00	29245.95
77	1.69	4056.00	28975.73
78	1.69	4056.00	28923.86
79	1.69	4056.00	28886.44
80	1.69	4056.00	28408.48
SUMA	81.12	194688.00	1422148.22

### Capacidad de carga de la roca

Para roca homogénea fisurada:

Se hacen primeramente las siguientes consideraciones:

Nuestra roca presenta en promedio únicamente el 5% de fisuras a lo largo y ancho de su superficie, implica que existen fisuras aproximadamente a cada 3.80 m de separación.

Por lo tanto nuestro coeficiente  $k$  tendrá según las normas de diseño de la CFE un valor de :

$$k = 0.40$$

$$q_u = 50.00 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo que la capacidad de carga de la roca, es decir la presión de contacto estructura - roca permisible será:

$$q = k \cdot q_u$$

$$q = (0.4) \cdot (125)$$

$$q = 20.00 \text{ kg/cm}^2$$

La carga máxima que soportará una zapata, se observa en el apoyo número 33, asimismo su área de contacto:

Carga: 36994.69 kg

Área: 16900.00  $\text{cm}^2$

La carga que transmite al suelo dicha zapata será:

$$Q = 3.06 \text{ kg/cm}^2 \ll 20.00 \text{ kg/cm}^2$$

Pasa por capacidad de carga

Una vez finalizado el análisis de capacidad de carga de nuestra roca, tenemos que revisar que las medidas propuestas para la zapata sean correctas, de esta manera, revisaremos dicho elemento de acuerdo a los criterios de seguridad.

Datos:

Roca:	Caliza.		
Textura:	Densa, grano fino, porosa.		
Tonalidad:	En general oscura, existen algunas rocas claras		
Fisuras horizontales:	no existen		
Fisuras verticales:	menos de un 5%		
Densidad:	$\rho =$	2.40	$\text{gr/cm}^3$
Porosidad:	Porosidad =	14.00	%
Resistencia compresión:	$q_u =$	50.00	$\text{kg/cm}^2$
Resistencia tensión:	$\tau =$		$\text{kg/cm}^2$
Resistencia al corte:	$s =$		$\text{kg/cm}^2$
Presión admisible:	$P_{adm} =$	20.00	$\text{kg/cm}^2$
Índice de calidad:	RQD =	25.00	%
Ángulo de fricción interna:	$f =$	45.00	°
Cohesión aparente:	$C =$	205.00	$\text{kg/cm}^2$
Módulo elasticidad:	$E =$	7,000,000.0	$\text{ton/m}^2$
Relación Poisson:	$\nu =$	0.25	
Peso específico	$\gamma =$	24.00	$\text{kN/m}^3$
Peso específico	$\gamma =$	2.45	$\text{ton/m}^3$
Coefficiente fricción interna:	$\mu =$	0.90	
Tipo relleno en fisuras:	menores de 1mm arcillosos de 1 a 2 cm.		
Cohesión relleno:	$C_{rell} =$	1.00	$\text{kg/cm}^2$
Ángulo fricción relleno:	$\phi =$	21.00	°
Esfuerzo normal relleno	$\sigma_{v \text{ rell}} =$	18.00	$\text{kg/cm}^2$
Momento en x:	$M_x =$	3.41	$\text{t}^*\text{m}$
Momento en y:	$M_y =$	-18.80	$\text{t}^*\text{m}$
Carga vertical:	$Q' =$	32.94	ton
Giro max:	$G_m =$	0.90	%
	$f'_c =$	250.00	$\text{kg/cm}^2$
	$f_y =$	4200.00	$\text{kg/cm}^2$
Varillas del número:	$V \# =$		
Varillas por tem. Del número:	$V_t \# =$		

Nivel de desplante de la cimentación: 1.00 m

### CÁLCULO DEL ANCHO "B" DE LA ZAPATA

Cuando existen momentos se tiene que trabajar con las dimensiones reducidas  $B'$  y  $L'$

$$B' = B - 2e_x \quad L' = L - 2e_y$$

donde B = ancho del cimientto y L = longitu del cimientto

$$e_x = M_y / S Q \quad e_y = M_x / S Q$$

Consideremos inicialmente que no existen momentos y que las dimensiones B y L son iguales, entonces  $B' = L'$  y por lo tanto  $A' = B' * L'$ .

$$A = B^2 = L^2 = B \cdot L$$

$$Si A' = S Q' / qan =$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q' &= 32.94 && \text{ton} \\ qu &= 50.00 && \text{ton/m}^2 \end{aligned} \quad \text{Este valor se tomo por recomendación.}$$

$$B = \sqrt{\frac{Q}{qan}}$$

$$B' = 0.81 \quad m$$

Ahora hay que tomar en cuenta el efecto de los momentos. Considerando que solamente existen en la dirección más desfavorable.

$$\Sigma Q = \Sigma Q' + \underbrace{\Sigma w_z + \Sigma w_r}_{= 15\% \Sigma Q'}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q &= 1.5 * \Sigma Q' \\ \Sigma Q &= 37.88 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

$$e_y = \frac{M_y}{\Sigma Q}$$

$$e_x = \frac{M_x}{\Sigma Q}$$

$$\begin{aligned} e_y &= -0.50 \quad m \\ e_x &= 0.09 \quad m \\ \text{Rige el dimensionamiento} \quad e_y &= -0.50 \quad m \end{aligned}$$

$$B = B' + 2e_{x/y}$$

$$B = 1.80 \quad m$$

$$B \text{ min} = 0.81 \quad m$$

$$B \text{ max} = 1.80 \quad m$$

El ancho "B" que utilizaremos será una media de B min y B max:  $B = 1.30 \quad m$

Estado limite de falla. (Falla por volteo)

$\gamma$ (Del relleno) =	1.80	ton / m <sup>3</sup>
Peralte de zapata =	0.25	m
Profundidad de desplante menos peralte =	0.75	m
Diametro o ancho de columna =	0.80	m
wr (Peso del relleno sobre la zapata) =	1.42	ton

wz (Peso de la zapata) =	2.17	ton	
wcol (Peso de la columna) =	0.00	ton	se incluye en el peso sobre la zapata
$\Sigma Q'$ (Fza. vert. al nivel de la sup. del terreno)	32.94	ton	
$\Sigma Q$ (Fza. vert. al nivel del desplante) =	36.52	ton	

Ahora calculemos las exentricidades  $e_x$  y  $e_y$

$e_y$ =	0.09	m
$e_x$ =	-0.51	m
$B'$ =	0.27	m
$L'$ =	1.11	m
$A'$ =	0.30	$m^2$

El giro alrededor del eje Y

El giro de la zapata se puede calcular de manera aproximada empleando el momento de inercia del rectangulo "Ir" en la dirección que se esta analizando, y determinar el radio equivalente a un círculo (Normas de Sismo)

$$I_r = \frac{LB^3}{12}$$

$$R = \left( \frac{4 * I_r}{\pi} \right)^{1/4}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$\Theta = \frac{3(1 - \nu)M}{8 * G * R^3}$$

Ir =	0.24	$m^4$	
R =	0.74	m	
G =	5,600,000.00	ton / $m^2$	
$\Theta$ =	0.000231%	<	0.9% Pasa por volteo c/r al eje y

El giro alrededor del eje X se calcula de forma analogo

Ir =	0.24	$m^4$	
R =	0.74	m	
G =	5,600,000.00	ton / $m^2$	
Q =	0.00004%	<	0.9% Pasa por volteo c/r al eje x

### Diseño estructural

Para fines de diseño estructural consideraremos una reacción del terreno uniforme dada por :

$$q' = \frac{\Sigma Q}{A'} = \frac{\Sigma Q}{B'L'} = 121.21 \quad \text{ton} / m^2$$

Sobre el ala de la zapata actua de abajo hacia arriba la reaccion " q' " y de arriba hacia abajo el peso del relleno y el de la zapata, por lo que hay que hacer la suma algebraica de éstas cantidades para obtener la reacción neta, que es con la que se hace la revisión estructural:

$$q'e = (q' - W_r - W_z) = 117.62 \quad \text{ton} / m^2$$

El espesor de la losa de la zapata se obtiene por tanteos, hasta encontrar un valor "h" que satisfaga todos y cada uno de los requisitos de seguridad estructural.

## Penetración

De acuerdo con las Normas de Concreto, la sección crítica forma una figura semejante a la definida por la periferia del área cargada a una distancia de ésta igual a "d/2", siendo "d" el peralte efectivo de la losa.

Cuando hay transferencia de momento se supondrá que una fracción del momento queda por:

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + .67 \cdot \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

Proponemos una h =	0.30	m	
Espesor de recubrimiento =	0.03	m	
f / 2 =	0.006	m	por lo tanto
d =	0.26	m	con lo que
$\alpha =$	0.40		

El esfuerzo cortante máximo de diseño Vu se obtendrá tomando en cuenta los esfuerzos de carga axial y del momento, suponiendo que los esfuerzos cortantes varían linealmente, es decir:

$$V_{AB} = \frac{V}{A_c} + \frac{\alpha M c_{AB}}{J_c}$$

$$c_{AB} = \frac{c + d}{2}$$

$$V_{ABu} = F_c V_{AB}$$

$$A_c = 2d(c_1 + c_2 + 2d)$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2}$$

En las expresiones anteriores, "V" es la fuerza cortante que actúa en toda el área de la sección crítica, la cual obtenemos a partir de la reacción neta "av" de la siguiente forma:

$\Sigma Q$ (Fuerza vertical al nivel del desplante) =	36.52	ton
Área de la zapata =	1.69	m <sup>2</sup>
$\Sigma Q / A =$	21.61	ton / m <sup>2</sup>
wr (Peso del relleno sobre la zapata) =	1.42	ton
wz (Peso de la zapata) =	2.17	ton
qv =	19.66	ton / m <sup>2</sup>
V =	14.19	ton
M =	7.54	ton * m
c AB =	0.49	m

El esfuerzo cortante máximo de diseño obtenido con los criterios anteriores no debe exceder ninguno de los siguientes valores:

$$V_{cr1} = Fr(0.5 + \gamma) \cdot F^* c$$

$$V_{cr2} = Fr \cdot \sqrt{F^* c}$$

$c1 + d = c2 + d =$	0.98	m
$Jc =$	0.98	m <sup>4</sup>

Ac =	1.04	m <sup>2</sup>
VAB =	15.18	ton / m <sup>2</sup>
Fc =	1.40	
VABu =	21.25	ton / m <sup>2</sup>
VABu =	2.12	kg / cm <sup>2</sup>
F*c =	200.00	kg / cm <sup>2</sup>
Fr =		
VcR1 =	5.66	kg / cm <sup>2</sup>
VcR2 =	11.31	kg / cm <sup>2</sup>
VcR1 ≥ VABu ≤ VcR2	Pasa por penetración	

### Tensión diagonal

La sección crítica por tensión diagonal se presenta a una distancia "l" del paño de la columna. Para esto se calcula el cortante último en ésta sección y se comparará con el cortante resistente del concreto:

V = d * q' * e =	3.06	ton
Fc =	1.40	
Vu = V * Fc =	4.28	ton
l =	0.026	m
M = (q' * e * l <sup>2</sup> )	0.04	ton * m

La fuerza cortante que toma el concreto está dada por :

$$\text{Si } \rho < .01 \quad V_{cR} = F_R \cdot b \cdot d (0.2 + 30 \rho) \cdot \sqrt{F'_c}$$

$$\text{Si } \rho > .01 \quad V_{cR} = 0.5 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{F'_c}$$

$$\text{donde } F'_c = 0.8 F'_c$$

En elementos anchos, como losas, zapatas y muros, en los que el ancho, b, no sea menor que cuatro veces el peralte efectivo, d, con espesor de hasta 60 cm y donde la relación M/(Vd) no exeda de 2.0, la fuerza resistente VcR puede tomarse igual a : (independientemente de la cuantía del esfuerzo)

$$V_{cR} = 0.5 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{F'_c}$$

Como trabajamos por metro de longitud de zapata b = 100 cm. dado que se cuela una plantilla de concreto pobre sobre el terreno de cimentación, el recubrimiento del acero puede ser de 3 cm, y dado que el diametro de la varilla del No. 4 es de 1.27 cm, su mitad vale 0.64 cm, por lo que el peralte efectivo del acero de la zapata es de d = h - 3 \* f/2.

d =	0.26	m
B =	1.30	m
4 d =	1.056	m
B > 4 d	cumple	
M / (V*d) =	0.04	
M / (V*d) < 2.0	cumple	
Fr =	0.8	
F*c =	2000	ton / m <sup>2</sup>
VcR =	4.72	ton
Vu =	4.28	ton
VcR > Vu	cumple	

Por lo tanto pasa por tensión diagonal

## Flexión

El momento flexionante en la sección crítica vale:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{2}$$

$q'e =$	117.6	ton / m <sup>2</sup>
$l =$	0.29	m
$M =$	4.95	ton * m

y el momento último será  $M * F_c$

$F_c =$	1.4	
$M_u =$	6.92	ton * m

El acero mínimo por flexión está dado por :

$$\rho_{\min} = \frac{0.7 \cdot \sqrt{F'_c}}{F_y}$$

$$\rho_{\min} = 0.0026$$

Mientras que el máximo es de  $0.75 \rho_b$  donde  $\rho_b$  es el porcentaje balanceado de acero que vale

$$\rho_b = \left( \frac{F'_c}{F_y} \right) \cdot \left[ \frac{4800}{F_y + 6000} \right]$$

$f'_c =$	170	kg / cm <sup>2</sup>
$f'_c =$	1700	ton / m <sup>2</sup>
$F_y =$	4200	kg / cm <sup>2</sup>
$\rho_b =$	0.190	
$\rho_{\max} =$	0.143	

El porcentaje de acero necesario para resistir un momento último  $M_u$  está dado por las sig. expresiones

$$q = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \frac{M_u}{F_r \cdot b \cdot d^2 \cdot F'_c}}$$

$$\rho = q \cdot \frac{F'_c}{F_y}$$

$q =$	0.067	
$\rho =$	0.0027	

tomamos este porcentaje

" $A_s$ " es el área de acero y es igual a  $\rho * b * d$

$A_s =$	0.00072	m <sup>2</sup>
$A_s =$	7.18	cm <sup>2</sup>

La separación de las varillas se determinará con la expresión

$$S = b / A_s$$

$a_s =$  area de la varilla que se emplea = 1.27 cm  
 $b =$  100 cm  
 $A_s =$  area de acero requerida = 7.18 cm<sup>2</sup>  
 $S =$  17.00 cm

Por lo tanto, se necesitan varillas del numero 4 @ 17 cm en el lecho inferior.

El acero del lecho superior se proporciona por temperatura, para lo que se emplea la siguiente expresión.

$$A_s = \frac{66000 (1.5) \left(\frac{h}{2}\right)}{F_y \left(\frac{h}{2} + 100\right)}$$

$A_s =$  área de acero requerida por temperatura, en cm<sup>2</sup>/m, para un espesor de losa  $h/2$   
 $h/2 =$  semiespesor de la losa de la zapata = 15 cm

$A_s =$  3.07 cm<sup>2</sup>/m  
 $a_s =$  0.71 cm<sup>2</sup>  
 $S =$  23 cm

Se requiere por temperatura en el lecho superior de la losa de la zapata, varillas del numero 3 @ 23 cm.

## ANEXO 9 REACCIONES DE LOS APOYOS EN EL ACUARIO

REACCIONES EN LOS APOYOS - UNID KG M TIPO DE ESTRUCTURA = ESPACIAL

APOYO	Fuerza-X	Fuerza-Y	Fuerza-Z	Mom -X	Mom -Y	Mom -Z
1	27.24	6068.16	-1.86	-2.16	-0.36	-36.34
2	6.66	6097.24	-2.34	-2.5	-0.24	-7.88
3	39.04	7643	-49.46	-63	-0.88	-47.66
4	-36.82	7716.64	-51.26	-65.42	-0.28	43.38
5	-22.82	7591.02	-7.22	-5.96	0.72	22.2
6	-83.64	7970.44	10.26	14.94	3.04	110.74
7	34.36	11128.12	64.02	105.34	-2.14	-52.12
8	29.56	9346.54	-10.24	9.86	-2.56	-42.12
9	40.88	8834.66	-9.22	14.14	-1.68	-54.22
10	32.44	8925.64	-20.46	0.8	-0.28	-42.14
11	23.2	8917.36	-28.04	-9.54	0.6	-30.18
12	12.08	8919.56	-33.24	-17.58	0.62	-15.88
13	0.16	8919.26	-35.12	-20.74	0.06	-0.3
14	-11.82	8919.34	-33.4	-18	-0.54	15.38
15	-22.78	8918.24	-28.32	-10.16	-0.64	29.46
16	-32.48	8933.4	-20.2	1.18	0.02	41.88
17	-40.58	8687.58	-9.16	14.74	1.34	53.2
18	-29.24	9180.4	-9.72	11.34	2.46	40.76
19	-32.68	11138.62	64.22	106.34	2.3	49.02
20	25.74	7560.86	21.96	30.58	-1.38	-32.4
21	18.7	8386.52	-15.94	-18.84	-0.08	-21.1
22	-27.2	8070.84	-12.56	-13.84	3.56	31.08
23	-23.24	8054.62	-4.2	-2.38	-1.68	23.62
24	-15.1	9312.18	7.54	16.18	-3.78	21.64
25	10.94	9024.74	17.74	37.28	-5.24	-17.2
26	17.66	9319.5	7.08	15.02	4.02	-26.66
27	-9.28	9024	17.9	37.66	5.74	13.76
28	-21.14	10030.84	6.62	10.72	0.2	27.24
29	8.28	9507.9	-0.68	-0.12	0.8	-11.3
30	-23.78	9288.82	5	6.22	0.16	31.36
31	-15.42	7933.28	90.7	140.86	0.22	13.52
32	13.84	8418.56	15.56	42.2	-1.64	-24.2
33	29.98	8049.26	4	29.3	-2.48	-43.1
34	27.3	9089	-6.46	18.46	-2.04	-37.48
35	20.02	8089.64	-13.2	11.84	-1.16	-26.82
36	10.52	8088.88	-17.32	7.54	-0.44	-13.98
37	0.08	8087.42	-18.78	5.94	0.62	-0.16
38	-10.38	8088.92	-17.4	7.4	0.46	13.66
39	-19.88	8089.7	-13.3	11.66	1.14	26.5
40	-27.16	8089	-6.52	18.4	1.96	37.14
41	-29.74	8049.2	4.1	29.64	2.26	42.52
42	-13.34	8417.98	16.04	43.34	1.36	22.98
43	16.7	7935.98	91.54	142.68	-0.38	-16.1
44	27.98	5575.24	43.46	79.24	3.12	-18.58
45	12.56	7784.48	-0.34	18.74	3.58	-1.92
46	10.78	7653.66	-11.12	0.42	4.82	-3.64

## ANEXO 9

### REACCIONES DE LOS APOYOS EN EL ACUARIO (cont)

REACCIONES EN LOS APOYOS - UNID KG M TIPO DE ESTRUCTURA = ESPACIAL

APOYO	Fuerza-X	Fuerza-Y	Fuerza-Z	Mom -X	Mom -Y	Mom -Z
47	8.44	7620.52	-17.78	-14.78	6.32	-5.02
48	7.02	7716.98	-22.56	-29.52	6.62	-7.04
49	2.04	8111.92	-24.72	-39.96	4	-2.46
50	-0.02	7778.06	-28.54	-47.7	0	0.04
51	-2.06	8112.64	-24.7	-39.9	-4.02	2.52
52	-6.98	7719.36	-22.5	-29.38	-6.64	7.02
53	-8.74	7620.48	-17.32	-14.06	-6.36	5.4
54	-11.04	7543.22	-10.84	0.9	-4.8	3.98
55	-12.46	7668.5	-0.4	18.7	-3.46	1.86
56	-27.44	5579.5	42.9	78.44	-2.94	18.1
57	0	1207.68	0	0	0	0
58	0	1207.68	0	0	0	0
59	12.42	9901.4	9.46	16.14	-0.36	-15.78
60	-6.14	9543.08	-1.3	-0.5	-1.58	8.34
61	24.26	9298.22	3.84	3.84	-0.12	-32.24
62	-0.2	5126.42	1.48	5.48	-0.4	1.88
63	-0.34	5120.42	-1.04	-3.56	-0.28	2.86
64	-0.14	5265.3	4.78	17.38	0.42	2.2
65	0.18	5126.4	1.5	5.58	0.38	-1.82
66	0.32	5120.44	-1.02	-3.44	0.26	-2.72
67	0.1	5265.22	4.8	17.48	-0.44	-1.94
68	-2.68	6053.46	-36.4	-334.1	-6.36	-1596.6
69	71	6526.44	-132.48	-449.6	20.54	1575.96
70	-1.82	3198.2	77.14	108.36	-2.26	9.74
71	-18.16	2122.92	-2.64	1.22	-3.46	26.94
72	-22.14	2412.14	20.6	30.44	-1.08	29.02
73	-67.62	2695.98	47.52	65.74	-1.1	88.94
74	69.82	2689.96	40.68	48.88	-1.8	-92.12
75	25.18	2368.16	8.12	3.5	-2.28	-29.62
76	14.12	2389.38	-3.12	-11.78	0.56	-13.96
77	9.22	2363.58	-8.3	-18.14	1.52	-9.16
78	-4.7	2463.96	-5.26	-13.9	0.26	7.8
79	13.1	3262.3	12.48	13.82	-0.74	-17.88
80	-2.92	3730	42.2	56.08	1.06	3.6
81	3.32	3728.98	42.3	56.14	-1.28	-4.42
<b>SUMA</b>	<b>571535.14</b>	<b>-0.46</b>	<b>287.56</b>	<b>4.86</b>	<b>50.98</b>	<b>0</b>

## Anexo 10

### Diseño de la cimentación del acuario

Datos:

Roca:	Calizo.		
Textura:	Densa, grano fino, porosa.		
Tonalidad:	En general oscura, existen algunas rocas claras		
Fisuras horizontales:	no existen		
Fisuras verticales:	menos de un 5%		
Densidad:	r =	2.40	gr/cm <sup>3</sup>
Porosidad:	Porosidad =	14.00	%
Resistencia compresión:	qu =	50.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia tensión:	τ =		kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al corte:	s =		kg/cm <sup>2</sup>
Presión admisible:	Padm =	20.00	kg/cm <sup>2</sup>
Índice de calidad:	RQD =	25.00	%
Ángulo de fricción interna:	f =	45.00	°
Cohesión aparente:	C =	205.00	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo elasticidad:	E =	700000.00	kg/cm <sup>2</sup>
Relación Poisson:	n =	0.25	
Peso específico	g =	24.00	kN/m <sup>3</sup>
Coeficiente fricción interna:	m =	0.90	
Tipo relleno en fisuras:	menores de 1mm arcillosos de 1 a 2 cm.		
Cohesión relleno:	Crell =	1.00	kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo fricción relleno:	f =	21.00	°
Esfuerzo normal relleno	sv rell =	18.00	kg/cm <sup>2</sup>

Nivel de desplante de la cimentación: 0.75 m

Se utilizará el sondeo que se localiza muy cerca del mar y que se encuentra dentro del presente en el capítulo de cimentaciones, subcapítulo de sondeos.

Columna	Columna más cercana	Distancia c/r a la más cercana	Reacc. Vert. (kg)	Diámetro (m)	Cimentación Propuesta	Ancho (m)	Largo (m)
1	2	2.75	6068.16	0.30	zapata	1.00	1.00
2	3	2.75	6097.24	0.30	zapata	1.00	1.00
3	4	2.75	7643.00	0.30	zapata	1.00	1.00
4	5	2.75	7716.64	0.30	zapata	1.00	1.00
5	7	2.75	7591.02	0.30	zapata	1.00	1.00
6	7	4.00	7970.44	0.30	zapata	1.00	1.00
7	8	2.75	11128.12	0.30	zapata	1.00	1.00
8	9	2.75	9346.54	0.30	zapata	1.00	1.00
9	10	2.75	8834.66	0.30	zapata	1.00	1.00
10	19	2.75	8925.64	0.30	zapata	1.00	1.00
11	12	2.70	8917.36	0.30	zapata	1.00	1.00
12	13	3.16	8919.56	0.30	zapata	1.00	1.00
13	14	3.56	8919.26	0.30	zapata	1.00	1.00
14	15	2.75	8919.34	0.30	zapata	1.00	1.00
15	16	2.75	8918.24	0.30	zapata	1.00	1.00
16	17	2.75	8933.40	0.30	zapata	1.00	1.00
17	18	2.75	8687.58	0.30	zapata	1.00	1.00
18	1	2.75	9180.40	0.30	zapata	1.00	1.00
19	20	2.75	11138.62	0.30	zapata	1.00	1.00

20	21	2.75	7560.86	0.30	zapata	1.00	1.00
21	22	2.75	8386.52	0.30	zapata	1.00	1.00
22	23	2.75	8070.84	0.30	zapata	1.00	1.00
23	24	2.75	8054.62	0.30	zapata	1.00	1.00
24	25	2.75	9312.18	0.30	zapata	1.00	1.00
25	26	2.75	9024.74	0.30	zapata	1.00	1.00
26	27	2.75	9319.50	0.30	zapata	1.00	1.00
27	28	2.75	9024.00	0.30	zapata	1.00	1.00
28	29	2.75	10030.84	0.30	zapata	1.00	1.00
29	30	2.75	9507.90	0.30	zapata	1.00	1.00
30	31	3.24	9288.82	0.30	zapata	1.00	1.00
31	32	2.75	7933.28	0.30	zapata	1.00	1.00
32	33	2.75	8418.56	0.30	zapata	1.00	1.00
33	35	3.91	8049.26	0.30	zapata	1.00	1.00
34	33	2.75	8089.00	0.30	zapata	1.00	1.00
35	36	2.75	8089.64	0.30	zapata	1.00	1.00
36	37	2.75	8088.88	0.30	zapata	1.00	1.00
37	38	2.75	8087.42	0.30	zapata	1.00	1.00
38	39	2.75	8088.92	0.30	zapata	1.00	1.00
39	40	2.75	8089.70	0.30	zapata	1.00	1.00
40	41	2.75	8089.00	0.30	zapata	1.00	1.00
41	42	2.75	8049.20	0.30	zapata	1.00	1.00
42	43	3.29	8417.98	0.30	zapata	1.00	1.00
43	44	3.71	7935.98	0.30	zapata	1.00	1.00
44	52	2.75	5575.24	0.30	zapata	1.00	1.00
45	51	2.80	7784.48	0.30	zapata	1.00	1.00
46	50	2.80	7653.66	0.30	zapata	1.00	1.00
47	49	3.10	7620.52	0.30	zapata	1.00	1.00
48	49	2.75	7716.98	0.30	zapata	1.00	1.00
49	47	3.10	8111.920	0.30	zapata	1.00	1.00
50	46	2.80	7778.06	0.30	zapata	1.00	1.00
51	45	2.80	8112.64	0.30	zapata	1.00	1.00
52	44	2.75	7719.36	0.30	zapata	1.00	1.00
53	54	2.75	7620.48	0.30	zapata	1.00	1.00
54	53	2.75	7543.22	0.30	zapata	1.00	1.00
55	12	2.75	7668.50	0.30	zapata	1.00	1.00
56	57	2.75	5579.50	0.30	zapata	1.00	1.00
57	59	2.75	1207.68	0.30	zapata	1.00	1.00
58	59	2.75	1207.68	0.30	zapata	1.00	1.00
59	60	2.75	9901.40	0.30	zapata	1.00	1.00
60	61	2.75	9543.08	0.30	zapata	1.00	1.00
61	62	2.75	9298.22	0.30	zapata	1.00	1.00
62	63	3.15	5126.42	0.30	zapata	1.00	1.00
63	64	3.15	5120.42	0.30	zapata	1.00	1.00
64	65	3.15	5265.30	0.30	zapata	1.00	1.00
65	66	3.15	5126.40	0.30	zapata	1.00	1.00
66	67	3.15	5120.44	0.30	zapata	1.00	1.00
67	68	2.75	5265.22	0.30	zapata	1.00	1.00
68	69	2.75	6053.46	0.30	zapata	1.00	1.00
69	70	2.75	6526.44	0.30	zapata	1.00	1.00
70	71	2.75	3198.20	0.30	zapata	1.00	1.00
71	72	2.75	2122.92	0.30	zapata	1.00	1.00
72	73	2.75	2412.14	0.30	zapata	1.00	1.00
73	13	2.75	2695.98	0.30	zapata	1.00	1.00
74	75	2.97	2689.96	0.30	zapata	1.00	1.00

75	76	2.97	2368.16	0.30	zapata	1.00	1.00
76	77	2.97	2389.38	0.30	zapata	1.00	1.00
77	78	2.97	2363.58	0.30	zapata	1.00	1.00
78	77	2.97	2463.96	0.30	zapata	1.00	1.00
79	80	2.97	3262.30	0.30	zapata	1.00	1.00
80	81	2.97	3730.00	0.30	zapata	1.00	1.00
81	82	2.97	3728.98	0.30	zapata	1.00	1.00

Peso aproximado de la cimentación

Columna	Vol. Zapata (m <sup>3</sup> )	Peso Zapata kg	Peso Total kg
1	0.75	1800.00	7868.16
2	0.75	1800.00	7897.24
3	0.75	1800.00	9443.00
4	0.75	1800.00	9516.64
5	0.75	1800.00	9391.02
6	0.75	1800.00	9770.44
7	0.75	1800.00	12928.12
8	0.75	1800.00	11146.54
9	0.75	1800.00	10634.66
10	0.75	1800.00	10725.64
11	0.75	1800.00	10717.36
12	0.75	1800.00	10719.56
13	0.75	1800.00	10719.26
14	0.75	1800.00	10719.34
15	0.75	1800.00	10718.24
16	0.75	1800.00	10733.40
17	0.75	1800.00	10487.58
18	0.75	1800.00	10980.40
19	0.75	1800.00	12938.62
20	0.75	1800.00	9360.86
21	0.75	1800.00	10186.52
22	0.75	1800.00	9870.84
23	0.75	1800.00	9854.62
24	0.75	1800.00	11112.18
25	0.75	1800.00	10824.74
26	0.75	1800.00	11119.50
27	0.75	1800.00	10824.00
28	0.75	1800.00	11830.84
29	0.75	1800.00	11307.90
30	0.75	1800.00	11088.82
31	0.75	1800.00	9733.28
32	0.75	1800.00	10218.56
33	0.75	1800.00	9849.26
34	0.75	1800.00	9889.00
35	0.75	1800.00	9889.64
36	0.75	1800.00	9888.88
37	0.75	1800.00	9887.42
38	0.75	1800.00	9888.92
39	0.75	1800.00	9889.70
40	0.75	1800.00	9889.00
41	0.75	1800.00	9849.20
42	0.75	1800.00	10217.98
43	0.75	1800.00	9735.98

44	0.75	1800.00	7375.24
45	0.75	1800.00	9584.48
46	0.75	1800.00	9453.66
47	0.75	1800.00	9420.52
48	0.75	1800.00	9516.98
49	0.75	1800.00	9911.92
50	0.75	1800.00	9578.06
51	0.75	1800.00	9912.64
52	0.75	1800.00	9519.36
53	0.75	1800.00	9420.48
54	0.75	1800.00	9343.22
55	0.75	1800.00	9468.50
56	0.75	1800.00	7379.50
57	0.75	1800.00	3007.68
58	0.75	1800.00	3007.68
59	0.75	1800.00	11701.40
60	0.75	1800.00	11343.08
61	0.75	1800.00	11098.22
62	0.75	1800.00	6926.42
63	0.75	1800.00	6920.42
64	0.75	1800.00	7065.30
65	0.75	1800.00	6926.40
66	0.75	1800.00	6920.44
67	0.75	1800.00	7065.22
68	0.75	1800.00	7853.46
69	0.75	1800.00	8326.44
70	0.75	1800.00	4998.20
71	0.75	1800.00	3922.92
72	0.75	1800.00	4212.14
73	0.75	1800.00	4495.98
74	0.75	1800.00	4489.96
75	0.75	1800.00	4168.16
76	0.75	1800.00	4189.38
77	0.75	1800.00	4163.58
78	0.75	1800.00	4263.96
79	0.75	1800.00	5062.30
80	0.75	1800.00	5530.00
81	0.75	1800.00	5528.98

## Capacidad de carga de la roca

Para roca homogénea fisurada:

Se hacen primeramente las siguientes consideraciones:

Nuestra roca presenta en promedio únicamente el 5% de fisuras a lo largo y ancho de su superficie, implica que existen fisuras aproximadamente a cada 3.80 m de separación.

Por lo tanto nuestro coeficiente  $k$  tendrá según las normas de diseño de la CFE un valor de :

$$k = 0.4$$

$$q_u = 50.00 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo que la capacidad de carga de la roca, es decir la presión de contacto estructura - roca permisible será:

$$q = k * q_u$$

$$q = (0.4) * (125)$$

$$q = 20 \text{ kg/cm}^2$$

La carga máxima que soportará una zapata, se observa en el apoyo número 33, asimismo su área de contacto:

Carga: 12938.62 kg  
 Área: 10000.00 cm<sup>2</sup>

La carga que transmite al suelo dicha zapata será:

$$Q = 1.81 \text{ kg/cm}^2 \ll 20 \text{ kg/cm}^2$$

Pasa por capacidad de carga

Una vez finalizado el análisis de capacidad de carga de nuestra roca, tenemos que revisar que las medidas propuestas para la zapata sean correctas, de esta manera, revisaremos dicho elemento de acuerdo a los criterios de seguridad.

### Datos:

Roca:	Caliza.		
Textura:	Densa, grano fino, porosa.		
Tonalidad:	En general obscura, existen algunas rocas claras		
Fisuras horizontales:	no existen		
Fisuras verticales:	menos de un 5%		
Densidad:	$\rho =$	2.40	gr/cm <sup>3</sup>
Porosidad:	Porosidad =	14.00	%
Resistencia compresión:	$q_u =$	50.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia tensión :	$\tau =$		kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al corte:	$s =$		kg/cm <sup>2</sup>
Presión admisible:	$P_{adm} =$	20.00	kg/cm <sup>2</sup>
Índice de calidad:	RQD =	25.00	%
Ángulo de fricción interna:	$f =$	45.00	°
Cohesión aparente:	$C =$	205.00	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo elasticidad:	$E =$	7,000,000.0	ton/m <sup>2</sup>
Relación Poisson:	$\nu =$	0.25	
Peso específico	$\gamma =$	24.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso específico	$\gamma =$	2.45	ton/m <sup>3</sup>
Coefficiente fricción interna:	$\mu =$	0.90	

Tipo relleno en fisuras:	menores de 1mm arcillosos de 1 a 2 cm.		
Cohesión relleno:	$c_{rell} =$	1.00	kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo fricción relleno:	$\phi =$	21.00	°
Esfuerzo normal relleno	$\sigma_{v\ rell} =$	18.00	kg/cm <sup>2</sup>

Momento en x :	$M_x =$	-0.49	t*m
Momento en y :	$M_y =$	0.02	t*m
Carga vertical :	$Q' =$	11.14	ton
Giro max :	$G_m =$	0.90	%
	$f'c =$	250.00	kg/cm <sup>2</sup>
	$f_y =$	4200.00	kg/cm <sup>2</sup>
Varillas del número :	$V \# =$		
Varillas por tem. Del número	$Vt \# =$		

Nivel de desplante de la cimentación: 0.75 m

### CÁLCULO DEL ANCHO "B" DE LA ZAPATA

Cuando existen momentos se tiene que trabajar con las dimensiones reducidas  $B'$  y  $L'$

$$B' = B - 2e_x \quad L' = L - 2e_y$$

donde B = ancho del cimiento y L = longitu del cimiento

$$e_x = M_y / S Q \quad e_y = M_x / S Q$$

Consideremos inicialmente que no existen momentos y que las dimensiones B y L son iguales, entonces  $B' = L'$  y por lo tanto  $A' = B' \cdot L'$ .

$$A = B^2 = L^2 = B \cdot L$$

$$\text{Si } A' = S Q' / q_{an} =$$

$$\begin{array}{llll} \Sigma Q' = & 11.14 & \text{ton} & \\ q_{an} = & 50.00 & \text{ton/m}^2 & \text{Este valor se tomó por recomendación.} \end{array}$$

$$B = \sqrt{\frac{Q}{q_{an}}}$$

$$B' = 0.47 \text{ m}$$

Ahora hay que tomar en cuenta el efecto de los momentos. Considerando que solamente existen en la dirección más desfavorable.

$$\Sigma Q = \Sigma Q' + \underbrace{\Sigma W_s + \Sigma W_r}_{=15\% \Sigma Q'}$$

$$\begin{array}{ll} \Sigma Q = & 1.5 \cdot \Sigma Q' \\ \Sigma Q = & 12.81 \text{ ton} \end{array}$$

$$e_y = \frac{\Sigma M_x}{\Sigma Q}$$

$$e_x = \frac{\Sigma M_y}{\Sigma Q}$$

$e_y = 0.002$  m  
 $e_x = -0.038$  m  
 Rige el dimensionamiento  $e_x = -0.038$  m

$$B = B' + 2e_{x/y}$$

$B = 0.55$  m

$B_{\min} = 0.47$  m

$B_{\max} = 0.55$  m

El ancho "B" que utilizaremos será el valor mínimo permitido  $B = 1.00$  m

### Estado limite de falla. (Falla por volteo)

$\gamma$  (Del relleno) = 1.80 ton / m<sup>3</sup>  
 Peralte de zapata = 0.20 m  
 Profundidad de desplante menos peralte = 0.8 m  
 Diametro o ancho de columna = 0.30 m

$w_r$  (Peso del relleno sobre la zapata) = 1.31 ton  
 $w_z$  (Peso de la zapata) = 0.65 ton  
 $w_{col}$  (Peso de la columna) = 0.00 ton  
 $\Sigma Q'$  (Fza. vert. al nivel de la sup. del terreno) = 11.14 ton  
 $\Sigma Q$  (Fza. vert. al nivel del desplante) = 13.10 ton

se incluye en el peso sobre la zapata

Ahora calculemos las excentricidades  $e_x$  y  $e_y$

$e_y = -0.04$  m  
 $e_x = 0.002$  m  
 $B' = 1.00$  m  
 $L' = 0.93$  m  
 $A' = 0.92$  m<sup>2</sup>

El giro alrededor del eje Y

El giro de la zapata se puede calcular de manera aproximada empleando el momento de inercia del rectángulo "Ir" en la dirección que se está analizando, y determinar el radio equivalente a un círculo (Normas de Sismo)

$$I_r = \frac{LB^3}{12}$$

$$R = \left( \frac{4 \cdot I_r}{\pi} \right)^{1/4}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$\Theta = \frac{3(1-\nu)M}{8 \cdot G \cdot R^3}$$

$I_r = 0.08 \text{ m}^4$   
 $R = 0.57 \text{ m}$   
 $G = 5,600,000.00 \text{ ton/m}^2$   
 $Q = 0.000001\%$

0.9% Pasa por volteo c/r el eje y

El giro alrededor del eje X se calcula de forma analoga

$I_r = 0.08 \text{ m}^4$   
 $R = 0.57 \text{ m}$   
 $G = 5,600,000.00 \text{ ton/m}^2$   
 $Q = 0.000001\%$

0.9% Pasa por volteo c/r el eje x

**Diseño estructural**

Para fines de diseño estructural consideraremos una reacción del terreno uniforme dada por :

$$q' = \frac{\sum Q}{A'} = \frac{\sum Q}{B'L'} = 14.20 \text{ ton/m}^2$$

Sobre el ala de la zapata actua de abajo hacia arriba la reaccion "q'" y de arriba hacia abajo el peso del relleno y el de la zapata, por lo que hay que hacer la suma algebraica de estas cantidades para obtener la reaccion neta, que es con la que se hace la revisión estructural:

$$q'e = (q' - W_r - W_z) = 12.24 \text{ ton/m}^2$$

El espesor de la losa de la zapata se obtiene por tanteos, hasta encontrar un valor "h" que satisfaga todos y cada uno de los requisitos de seguridad estructural.

**Penetración**

De acuerdo con las Normas de Concreto, la seccion critica forma una figura semejante a la definida por la periferia del área cargada a una distancia de ésta igual a "d/2", siendo "d" el peralte efectivo de la losa.

Cuando hay transferencia de momento se supondra que una fraccion del momento dada por:

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + .67 * \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

Propongamos una h = 0.25 m  
 Espesor de recubrimiento = 0.03 m  
 $f / 2 = 0.006 \text{ m}$  por lo tanto  
 $d = 0.21 \text{ m}$  con lo que  
 $\alpha = 0.40$

El esfuerzo cortante máximo de diseño Vu se obtendra tomando en cuenta los esfuerzos d carga axial y del momento, suponiendo que los esfuerzos cortantes varían linealmente, es decir:

$$V_{AB} = \frac{V}{A_c} + \frac{\alpha M c_{AB}}{J_c}$$

$$c_{AB} = \frac{c+d}{2}$$

$$V_{ABu} = F_c V_{AB}$$

$$A_c = 2d(c_1 + c_2 + 2d)$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2}$$

En las expresiones anteriores, "V" es la fuerza cortante que actúa en toda el área de la sección crítica, la cual obtenemos a partir de la reacción neta "av" de la siguiente forma:

$\Sigma Q$ (Fuerza vertical al nivel del desplante) =	13.10	ton
Area de la zapata =	1	m <sup>2</sup>
$\Sigma Q / A =$	13.10	ton / m <sup>2</sup>
w <sub>r</sub> (Peso del relleno sobre la zapata) =	1.31	ton
w <sub>z</sub> (Peso de la zapata) =	0.65	ton

q <sub>v</sub> =	11.18	ton / m <sup>2</sup>
V =	8.56	ton
M =	0.01	ton * m
c AB =	0.24	m

El esfuerzo cortante máximo de diseño obtenido con los criterios anteriores no debe exceder ninguno de los siguientes valores :

$$V_{CR1} = Fr (0.5 + \gamma) \cdot \sqrt{F_c}$$

$$V_{CR2} = Fr \cdot \sqrt{F_c}$$

c1 + d = c2 + d =	0.48	m
Jc =	0.30	m <sup>4</sup>
Ac =	0.41	m <sup>2</sup>
VAB =	20.67	ton / m <sup>2</sup>
Fc =	1.40	
VABu =	28.94	ton / m <sup>2</sup>
VABu =	2.89	kg / cm <sup>2</sup>
F <sup>*</sup> c =	200.00	kg / cm <sup>2</sup>
Fr =		
VcR1 =	5.66	kg / cm <sup>2</sup>
VcR2 =	11.31	kg / cm <sup>2</sup>
VcR1 ≥ VABu ≤ VcR2	Pasa por penetración	

### Tensión diagonal

La sección crítica por tensión diagonal se presenta a una distancia "l" del paño de la columna. Para esto se calcula el cortante último en esta sección y se comparará con el cortante resistente del concreto:

V = d * q' * e =	1.85	ton
Fc =	1.40	
Vu = V * Fc =	2.59	ton
l =	0.151	m
M = (q' * e * l <sup>2</sup> )	0.14	ton * m

La fuerza cortante que toma el concreto está dada por :

$$\text{Si } \rho < .01 \quad V_{CR} = F_R \cdot b \cdot d (0.2 + 30 \rho) \cdot \sqrt{F_c}$$

$$\text{Si } \rho > .01 \quad V_{CR} = 0.5 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{F_c}$$

$$\text{donde } F_c = 0.8 F_c$$

En elementos anchos, como losas, zapatas y muros, en los que el ancho, b, no sea menor que cuatro veces el peralte efectivo, d, con espesor de hasta 60 cm y donde la relación M/(Vd) no exceda de 2.0, la fuerza resistente VcR puede tomarse igual a : (independientemente de la cuantía del esfuerzo)

$$V_{CR} = 0.5 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{F_c}$$

Como trabajamos por metro de longitud de zapata  $b = 100$  cm. dado que se cuela una plantilla de concreto pobre sobre el terreno de cimentación, el recubrimiento del acero puede ser de 3 cm, y dado que el diametro de la varilla del No. 4 es de 1.27 cm, su mitad vale 0.64 cm, por lo que el peralte efectivo del acero de la zapata es de  $d = h - 3 - f/2$ .

$d =$	0.21	m
$B =$	1.00	m
$4d =$	0.856	m
$B > 4d$	cumple	
$M / (V \cdot d) =$	0.25	
$M / (V \cdot d) < 2.0$	cumple	
$Fr =$	0.8	
$F^*c =$	2000	ton / m <sup>2</sup>

$VcR =$	3.83	ton
$Vu =$	2.59	ton
$VcR > Vu$	cumple	

Por lo tanto pasa por tensión diagonal

### Flexión

El momento flexionante en la seccion critica vale:

$$M = \frac{q' \cdot l^2}{2}$$

$q'e =$	12.2	ton / m <sup>2</sup>
$l =$	0.365	m
$M =$	0.82	ton * m

y el momento ultimo sera  $M * Fc$

$Fc =$	1.4	
$Mu =$	1.14	ton * m

El acero mínimo por flexión esta dado por :

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \cdot \sqrt{F^*c}}{Fy}$$

$$\rho_{min} = 0.0026$$

Mientras que el máximo es de 0.75 rb' donde rb es el porcentaje blanceado de acero que vale

$$\rho_b = \left( \frac{F''c}{Fy} \right) \cdot \left[ \frac{4800}{Fy + 6000} \right]$$

$f''c =$	170	kg / cm <sup>2</sup>
$f''c =$	1700	ton / m <sup>2</sup>
$Fy =$	4200	kg / cm <sup>2</sup>
$\rho_b =$	0.190	
$\rho_{max} =$	0.143	

El porcentaje de acero necesario para resistir un momento ultimo  $M_u$  esta dado por las siguientes expresiones

$$q = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \frac{M_u}{F_r \cdot b \cdot d^2 \cdot F'_c}}$$

$$\rho = q \cdot \frac{F'_c}{F_y}$$

q = 0.016  
 ρ = 0.0007

rige el porcentaje minimo

"As" es el area de acero y es igual a  $\rho \cdot b \cdot d$

As = 0.00056 m<sup>2</sup>  
 As = 5.64 cm<sup>2</sup>

La separación de las varillas se determinara con la expresión

$$S = as \cdot b / As$$

as = area de la varilla que se emplea = 1.27 cm  
 b = 100 cm  
 As = area de acero requerida = 5.64 cm<sup>2</sup>  
 S = 22.00 cm

Por lo tanto, se necesitan varillas del numero 4 @ 22 cm en el lecho inferior.

El acero del lecho superior se proporciona por temperatura, para lo que se emplea la siguiente expresión.

$$As = \frac{66000 (1.5) \left(\frac{h}{2}\right)}{F_y \left(\frac{h}{2} + 100\right)}$$

As = área de acero requerida por temperatura, en cm<sup>2</sup>/m, para un espesor de losa h/2  
 h/2 = semiespesor de la losa de la zapata = 12.5 cm

As = 2.62 cm<sup>2</sup>/m  
 as = 0.71 cm<sup>2</sup>  
 S = 27 cm

Se requiere por temperatura en el lecho superior de la losa de la zapata, varillas del numero 3 @ 27 cm.

ANEXO 11

CALCULO DE ESPESORES CARRETERA COZUMEL - MEZCALITOS.  
METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM.

CARRETERA	Cozumel-Mezcalitos	TRAMO	km 0 al km	TDPA	13,870 00	VEHICULOS					
COMPOSICIÓN											
A2	50.0%	T3S3	0.0%	AÑOS DE SERVICIO (n) = 15							
A 2	47.4%	C2R2	0.0%	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (r) = 39.35%							
B2	0.0%	C3R2	0.0%	COEFICIENTE DE ACUMULACIÓN DE TRANSITO (c) = 133,643.81							
B3	0.0%	C3R3	0.0%								
B4	0.0%	T2S1R2	0.0%								
C2	2.6%	T2S2R2	0.0%								
C3	0.0%	T3S1R2	0.0%								
C4	0.0%	T3S2R2	0.0%								
T2S1	0.0%	T3S2R3	0.0%								
T2S2	0.0%	T3S2R4	0.0%								
T3S2	0.0%	Total =	100.0%								
COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO											
VEHICULO	# val	#vcp	Z = 0 cm				# DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Ton				
			Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	
A2	6.935	3.468	0.004	0.000	0.000	0.000	13.87	0.00	0.00	0.00	
A 2	6.570	3.285	0.536	0.054	0.023	0.015	1780.82	210.25	75.58	49.28	
B2	0	0	2.000	1.890	2.457	2.939	0.00	0.00	0.00	0.00	
B3	0	0	1.959	1.359	0.877	0.252	0.00	0.00	0.00	0.00	
B4	0	0	2.686	1.719	0.752	0.530	0.00	0.00	0.00	0.00	
C2	365	182	2.000	1.890	2.457	2.939	364.78	344.72	448.13	536.05	
C3	0	0	3.000	2.817	2.457	2.940	0.00	0.00	0.00	0.00	
C4	0	0	4.000	2.771	2.456	2.937	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S1	0	0	3.000	3.431	4.747	5.758	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S2	0	0	4.000	4.358	4.747	5.760	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2	0	0	5.000	5.285	4.747	5.781	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S3	0	0	6.000	5.239	4.746	5.758	0.00	0.00	0.00	0.00	
C2R2	0	0	4.000	4.972	7.037	8.579	0.00	0.00	0.00	0.00	
C3R2	0	0	5.000	5.899	7.037	5.500	0.00	0.00	0.00	0.00	
C3R3	0	0	6.000	6.826	7.037	5.581	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S1R2	0	0	5.000	6.513	9.327	11.399	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S2R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S1R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2R2	0	0	7.000	8.367	9.327	11.401	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2R3	0	0	8.000	9.294	9.327	11.401	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2R4	0	0	9.000	10.221	9.327	11.403	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	13.870	6.935									
							T1	T2	T3	T4	
							2139.47	554.97	523.69	585.32	
# DE CARRILES = 2							L1	L2	L3	L4	
COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN = 50%							2.86E+08	7.42E+07	7.00E+07	7.82E+07	
DATOS			Espesores reales			Diagrama de capas					
VRS sat			Coeficientes			Carpeta					
Terrazo natural	5%		a1	2	Base						
Sub-Resante	15%		a2	1	Subbase						
Sub-Base	70%		a3	1	Subrasante						
Base	110%		a4	1	Terreno net						
			a5	1							
VRSa			Profundidades			z1 prof. Inicial base z2 prof. Inicial subbase z3 prof. Inicial subrasante z4 prof. Inicial Terreno natural					
Base y Subbase	Terracerrias		VRS	z1	Z, cm						
10.03	4.57		5%	2.9E+08	96						
			15%	7.8E+07	47						
			70%	7.0E+07	30						
			110%	7.4E+07	21						
Ecuación Utilizada			Espesores equivalentes			Espesores reales					
$VRS_z \geq VRS_s (1.5)^{z \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1.5)^{z_i}}}$			S1 49 cm S2 17 cm B 9 cm Carpeta 21 cm			S1 49 cm S2 20 cm B 20 cm Carpeta 7 cm					
Ok			Error			Ok					
47			47			103					
Ok			Ok								

## ANEXO 12

### CALCULO DE ESPESORES CARRETERA COZUMEL - MEZCALITOS. METODO DE LA AASHTO

Datos	VRS	SL	Ee (cm)
CAPA			
Terreno natural	5%	6.43E+07	96
Subrasante	15%	7.82E+07	47
Subbase	70%	7.00E+07	30
Base	110%	7.42E+07	21

w18 =	L critico=	6.43E+07	
Zr =	confianza=	90%	
So =	desviación std =	35%	
PSI =	Cal max - cal rechazo	4.1 - 2.5	1.6
MR =	1500*VRS terreno na	7500	

De nomogramas obtenemos los coeficientes a1, a2, a3, a4:

a1 =	0.09	a3 =	0.15
a2 =	0.126	a4 =	0.25

SN:

$$\log(W'_{18}) - (R * S_o) + (9.36 * \log(SN + 1)) - 0.20 + \left( \frac{\log\left(\frac{PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right) + (2.32 * \log(MR)) - 8.07$$

$$\frac{S_r}{2.54} * a_1 + \frac{S_b}{2.54} * a_2 + \frac{B}{2.54} * a_3 + \frac{C_r}{2.54} * a_4 = SN$$

w18	6.43E+07				
Zr	0.9				
So	0.35				
PSI	1.6				
Mr	7500				
NS	4.91				
NS'	4.60				

	Sr	49	cm		
	Sb	20	cm		
	B	20	cm		
	Carpeta	7	cm		
				Error	96

	Sr	50	cm		
	Sb	25	cm		
	B	20	cm		
	Carpeta	8	cm		
				Ok	103

NS'	4.98				
-----	------	--	--	--	--

ANEXO 13

CALCULO DE ESPESORES CARRETERA MEZCALITOS - MOLAS  
METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM.

CARRETERA	Mezcalitos - Molas	TRAMO	km. 0 al km 16	TDPA	6.935 00	VEHICULOS					
COMPOSICIÓN											
A2	50.0%	T3S3	0.0%	AÑOS DE SERVICIO (n) = 15							
A'2	47.4%	C2R2	0.0%	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (r) = 39.35%							
B2	0.0%	C3R2	0.0%	COEFICIENTE DE ACUMULACIÓN DE TRANSITO (c) = 133,643.81							
B3	0.0%	C3R3	0.0%								
B4	0.0%	T2S1R2	0.0%								
C2	2.6%	T2S2R2	0.0%								
C3	0.0%	T3S1R2	0.0%								
C4	0.0%	T3S2R2	0.0%								
T2S1	0.0%	T3S2R3	0.0%								
T2S2	0.0%	T3S2R4	0.0%								
T3S2	0.0%	Total =	100.0%								
COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO											
VEHICULO	# val	#vcp	Z = 0 cm				# DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Ton				
			Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 0 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	
A2	3.468	1.734	0.004	0.000	0.000	0.000	6.94	0.00	0.00	0.00	
A'2	3.285	1.643	0.536	0.054	0.023	0.015	880.41	105.12	37.78	24.84	
B2	0	0	2.000	1.890	2.457	2.939	0.00	0.00	0.00	0.00	
B3	0	0	1.999	1.369	0.877	0.852	0.00	0.00	0.00	0.00	
B4	0	0	2.666	1.219	0.752	7.530	0.00	0.00	0.00	0.00	
C2	182	91	2.000	1.890	2.457	2.939	182.39	172.36	224.07	268.02	
C3	0	0	3.000	2.817	2.457	2.940	0.00	0.00	0.00	0.00	
C4	0	0	4.000	2.771	2.456	2.937	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S1	0	0	3.000	3.431	4.747	5.759	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S2	0	0	4.000	4.358	4.747	5.760	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2	0	0	5.000	5.285	4.747	5.761	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S3	0	0	6.000	5.239	4.746	5.758	0.00	0.00	0.00	0.00	
C2R2	0	0	4.000	4.972	7.037	8.579	0.00	0.00	0.00	0.00	
C3R2	0	0	5.000	5.899	7.037	5.580	0.00	0.00	0.00	0.00	
C3R3	0	0	6.000	6.826	7.037	5.581	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S1R2	0	0	5.000	6.513	9.327	11.399	0.00	0.00	0.00	0.00	
T2S2R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S1R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2R2	0	0	7.000	8.367	9.327	11.401	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2R3	0	0	8.000	9.294	9.327	11.401	0.00	0.00	0.00	0.00	
T3S2R4	0	0	9.000	10.221	9.327	11.403	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	6.935	3.468									
							T1	T2	T3	T4	
# DE CARRILES = 2							1069.73	277.48	261.65	292.66	
COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN = 50%							L1	L2	L3	L4	
							1.43E+08	3.71E+07	3.50E+07	3.91E+07	
DATOS							Esposores reales				
VRS sat							Coeficientes				
Terreno natural 5%							a1	2			
Sub-Rasante 15%							a2	1			
Sub-Base 70%							a3	1			
Base 110%							a4	1			
VRSo							a5	1			
Bases y Subases							Carpeta				
Terracerias							Base				
10.03							Subase				
4.57							Subrasante				
							Terreno nat				
Ecuación Utilizada							z1				
$VRS_z \geq 17N_c (1.5)^{1.5} \left[ 1 - \frac{z^2}{(1.5^2 + z^2)^{1.5}} \right]$							z2				
							z3				
							z4				
							Profundidades				
							VRS	IL	Z (cm)		
							5%	1.4E+08	90		
							15%	3.9E+07	44		
							70%	3.5E+07	27		
							110%	3.7E+07	19		
							z1 prof. Inicial base				
							z2 prof. Inicial subase				
							z3 prof. Inicial subrasante				
							z4 prof. Inicial Terreno natural				
Esposores equivalentes							Esposores reales				
Sr	46	cm	Ok	Sr	46	cm	Ok	Sr	46	cm	
Sb	17	cm	Ok	Sb	18	cm	Ok	Sb	18	cm	
B	8	cm	Error	B	20	cm	Ok	B	20	cm	
Carpeta	19	cm		Carpeta	6	cm		Carpeta	12	cm	
			44				44				
			Ok				Ok				
			96				96				

## ANEXO 14

### CALCULO DE ESPESORES CARRETERA MEZCALITOS - MOLAS METODO DE LA AASHTO

Datos															
CAPA	VRS	SL	Ee (cm)												
Terreno natural	5%	1.43E+08	90												
Subrasante	15%	3.91E+07	44												
Subbase	70%	3.50E+07	27												
Base	110%	3.71E+07	19												
w18 =	L crítico=	1.43E+08													
Zr =	confianza=	90%													
So =	desviación std =	35%													
PSI =	Cal max - cal rechazo=	4.1 - 2.5	1.6												
MR =	1500*VRS terreno nat=	7500													
De nomogramas obtendremos los coeficientes a1, a2, a3, a4:															
a1 =	0.09	a3 =	0.15												
a2 =	0.126	a4 =	0.25												
SN:															
$\log(W_{18}) - (R * S_o) + (9.36 * \log(SN + 1)) - 0.20 + \left( \frac{\log\left(\frac{PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{1094} \right) + (2.32 * \log(MR)) - 8.07$ $0.40 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$															
$\frac{S_r}{2.54} * a_1 + \frac{S_b}{2.54} * a_2 + \frac{B}{2.54} * a_3 + \frac{C_r}{2.54} * a_4 = SN$															
w18	1.43E+08														
Zr	0.9														
So	0.35														
PSI	1.6														
Mr	7500														
NS	4.42														
NS'	4.29														
		Error	90												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Sr</td><td>46</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Sb</td><td>18</td><td>cm</td></tr> <tr><td>B</td><td>20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Carpeta</td><td>6</td><td>cm</td></tr> </table>				Sr	46	cm	Sb	18	cm	B	20	cm	Carpeta	6	cm
Sr	46	cm													
Sb	18	cm													
B	20	cm													
Carpeta	6	cm													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Sr</td><td>50</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Sb</td><td>20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>B</td><td>20</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Carpeta</td><td>5</td><td>cm</td></tr> </table>				Sr	50	cm	Sb	20	cm	B	20	cm	Carpeta	5	cm
Sr	50	cm													
Sb	20	cm													
B	20	cm													
Carpeta	5	cm													
NS'	4.44	Ok	95												

**Anexo 15**  
**Tempos Constructivos Restaurante**

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /2hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /2hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Levantamiento topográfico	m <sup>2</sup>	2463.89	Topógrafos Estadales Topógrafos Cadeneros Ayudantes	3 3 3 3 3	100.00	100.00	300.00	8.21	1.03
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /2hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /2hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /2hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (día)
Limpieza terreno	m <sup>2</sup>	2463.89	Angulador Punzones Cucharon c/retroexc. Camiones volteo Operadores Ayudantes	3 2 2 3 11 4	30.00 50.00 45.00	125.00	280.00	8.80	(jornada)
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /3hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Excavación cimentación	m <sup>3</sup>	48.00	Picos Palas Taladros neumáticos Carretillas Ayudantes	4 4 4 8 20	0.30 0.30 0.50	0.50	3.20	15.00	1.88
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado zapatas	Zapata 1.00 x 1.00	48.00	Dobladizas Cortadoras Ayudantes	3 3 6	0.50 0.60 0.40	0.40	3.20	15.00	1.88
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado zapatas	Zapata 1.00 x 1.00	48.00	Ayudantes	9	0.80	0.80	7.20	6.67	0.83
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado zapatas	Zapata 1.00 x 1.00	48.00	Vibradores Canchales Ola concreto Ayudantes	3 3 6.88 6	2.00	4.00	18.00	2.87	0.33
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descubrado zapatas	Zapata 1.00 x 1.00	48.00	Ayudantes	9	1.20	1.20	10.80	4.44	0.56
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Relevo cimentación	Zapata 1.00 x 1.00	48.00	Ayudantes Carretillas Pajas	18 8 8	1.50	1.50	24.00	2.00	0.25
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /3hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Nivelación terreno N3+00 (incluye compactación)	m <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	26454.17 8828.06	Angulador Cucharon c/retroexc. Ayudantes Operadores Apunadoras Balanzas	5 4 12 17 5 8	20.00 15.00 10.00 12.50 30.00 12.50	45.00 42.50	280.00 250.00	64.59 35.31	16.24
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /3hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Nivelación terreno N4+50 (incluye compactación)	m <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	570.20 360.13	Angulador Cucharon c/retroexc. Ayudantes Operadores Apunadoras Balanzas	2 2 6 6 2 2	20.00 15.00 10.00 20.00 10.00	45.00 30.00	130.00 60.00	4.39 6.34	1.34
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /3hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /3hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Firma N6+00	m <sup>3</sup>	105.58 1055.78	Ayudantes Enlazadores Carretillas Ola concreto	18 12 16 15.00	2.00 12.00	2.00 12.00	36.00 144.00	2.93 7.33	1.28

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado columnas 0+00	D= 0.80 H= 6.5	52.28	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	3 3 6	0.50 0.80 0.75	0.75	4.50	11.62	1.45
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado columnas 3+00	D= 0.80 H= 3.5	15.83	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 2	0.50 0.80 0.75	0.75	1.50	10.56	1.32
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado columnas 4+50	D= 0.60 H= 15.22	68.85	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	3 3 6	0.50 0.80 0.75	0.75	4.50	15.30	1.91
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbado Columnas 0+00	D= 0.80 H= 6.5	261.38	Ayudantes	6	5.75	5.75	34.50	7.58	0.95
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Columnas N0+00	D= 0.80 H= 6.5	52.28	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	3 3 4.75 3	1.00	2.50	7.50	6.97	0.87
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbado Columnas 0+00	D= 0.80 H= 6.5	261.38	Ayudantes	6	7.20	7.20	43.20	6.05	0.76
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Columnas 0+00	D= 0.80 H= 6.5	261.38	Ayudantes	6	0.85	0.85	5.10	51.25	6.41
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbado Columnas 3+00	D= 0.80 H= 3.5	105.56	Ayudantes	3	5.75	5.75	17.25	6.12	0.76
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Columnas N3+00	D= 0.60 H= 3.5	15.83	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	1 1 2.26 1	1.00	2.50	2.50	6.33	0.79
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbado Columnas 3+00	D= 0.80 H= 3.5	105.56	Ayudantes	3	7.20	7.20	21.60	4.89	0.61
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Columnas 0+00	D= 0.80 H= 3.5	105.56	Grabador	3	0.85	0.85	2.55	41.40	5.17
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Firme N3+00	m³	368.38 3663.79	Ayudantes Enrazadores Carretillas Olla concreto	20 15 16 52.34	2.00 12.00	2.00 12.00	40.00 180.00	9.16 20.35	3.66
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Firme N4+50	m³	152.05 1520.53	Ayudantes Enrazadores Carretillas Olla concreto	15 12 16 21.72	2.00 12.00	2.00 12.00	30.00 144.00	9.07 10.56	1.95
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³ 3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³ 3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³ 3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado trabes 7+30	L= 0.80 H= 6	34.58	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 3	0.50 0.80 0.75	0.75	2.25	15.36	1.92

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado traves 19+85	m³ de tra 0 60 22	63 39	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	3 3 6	0 50 0 80 0 75	0 75	4 50	14 08	1 78
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado traves 7+50 y 19+85	m³ de tra 0 60 15 98	92 04	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	3 3 6	0 50 0 80 0 75	0 75	4 50	20 45	2 56
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cambrado Traves 7+30	m² de col 0 60 8	230 40	Ayudantes	4	5 75	5 75	23 00	10 02	1 25
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Traves 7+30	m³ de col 0 60 6	34 58	Vibradores Bombas concr Ola concreto Ayudantes	2 2 494 2	1 00 1 50	2 50	5 00	8 91	0 86
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Traves 7+30	m² de col 0 60 8	230 40	Ayudantes	4	7 20	7 20	28 80	8 00	1 00
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Traves 7+30	m² de col 0 60 8	230 40	Grabador	5	0 85	0 85	4 25	54 21	6 78
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cambrado Columnas 4+50	m² de col 0 60 15 22	459 02	Ayudantes	5	5 75	5 75	28 75	15 97	2 00
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Columnas 14+50	m³ de col 0 60 15 22	68 85	Vibradores Bombas concr Ola concreto Ayudantes	4 4 9 84 4	1 00 1 50	2 50	10 00	8 89	0 86
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Columnas 14+50	m² de col 0 60 15 22	459 02	Ayudantes	5	7 20	7 20	36 00	12 75	1 59
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Columnas 14+50	m² de col 0 60 15 22	459 02	Grabador	8	0 85	0 85	6 80	67 50	8 44
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cambrado Traves 19+85	m² de col 0 60 22	422 40	Ayudantes	8	5 75	5 75	34 50	12 24	1 53
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Traves 19+85	m³ de col 0 60 22	63 36	Vibradores Bombas concr Ola concreto Ayudantes	4 4 9 05 4	1 00 1 50	2 50	10 00	8 34	0 79
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Traves 19+85	m² de col 0 60 22	422 40	Ayudantes	8	7 20	7 20	43 20	9 78	1 22
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Traves 19+85	m² de col 0 60 22	422 40	Grabador	12	0 85	0 85	10 20	41 41	5 18
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m²2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m²2/hr)	Rendimiento Acumulado (m²2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cambrado Traves 7+30 y 19+85	m² de col 0 60 15 98	613 63	Ayudantes	8	5 75	5 75	46 00	13 34	1 67

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Trabes 7*30 y 19*85	m <sup>3</sup> de col L= 0 60 H= 15 98	92 04	Vibradores Bombas c/ncr Olla concreto Ayudantes	5 5 13 15 5	1 00	2 50	12 50	7 36	0 92
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Trabes 7*30 y 19*85	m <sup>2</sup> de col L= 0 80 H= 15 98	813 83	Ayudantes	8	7 20	7 20	57 60	10 65	1 33
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Trabes 7*30 y 19*85	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 15 98	613 63	Grabador	14	0 85	0 85	11 60	51 57	6 45
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado trabes 28*65	m <sup>3</sup> de ba L= 0 60 H= 9 30	26 78	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 3	0 50 0 60 0 75	0 75	2 25	11 90	1 49
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Trabes 28*65	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 9 3	178 56	Ayudantes	4	5 75	5 75	23 00	7 78	0 97
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Trabes 28*65	m <sup>3</sup> de col L= 0 60 H= 9 3	26 78	Vibradores Bombas c/ncr Olla concreto Ayudantes	2 2 3 83 2	1 00	2 50	5 00	5 36	0 87
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Trabes 28*65	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 9 3	178 56	Ayudantes	4	7 20	7 20	29 50	8 20	0 78
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Trabes 28*65	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 9 3	178 56	Grabador	4	0 85	0 85	3 40	52 52	6 56
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado trabes 19*85 y 28*65	m <sup>3</sup> de ba L= 0 60 H= 8 68	55 76	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	3 3 6	0 50 0 60 0 75	0 75	4 50	12 39	1 55
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Trabes 19*85 y 28*65	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 9 58	371 71	Ayudantes	8	5 75	5 75	46 00	8 08	1 01
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Trabes 19*85 y 28*65	m <sup>3</sup> de col L= 0 60 H= 9 68	55 76	Vibradores Bombas c/ncr Olla concreto Ayudantes	3 3 7 27 3	1 00	2 50	7 50	7 43	0 93
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Trabes 19*85 y 28*65	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 9 68	371 71	Ayudantes	8	7 20	7 20	57 60	8 45	0 81
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Grabado Trabes 19*85 y 28*65	m <sup>2</sup> de col L= 0 60 H= 9 68	371 71	Grabador	7	0 85	0 85	5 95	82 47	7 81

**Anexo 16**  
**Tiempos Constructivos Acuario**

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Levantamiento topográfico	m <sup>2</sup>	545 73	Teodolitos Estadales Topografos Cadeneros Ayudantes	1 1 1 1 1	100 00	100 00	100 00	5 48	0 68
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Construcción Dique	m <sup>3</sup>	2050 95	Embarcación Ayudantes Buzos	3 9 6	6 00 4 00	10 00	78 00	26 29	3 29
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Bombeo Agua	m <sup>3</sup>	1986 39	Bombas Ayudantes	5 5	17	17 00	85 00	23 51	2 84
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>2</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>2</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Limpieza terreno	m <sup>2</sup>	545 73	Angulozer Punzones Cucharon retrocav Camiones volteo Operadores Ayudantes	1 1 1 2 6 3	30 00 50 00 45 00	125 00	125 00	4 37	0 55
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Excavación cimentación	m <sup>3</sup>	81 00	Picos Palas Taladros neumáticos Carretillas Ayudantes	4 4 4 8 20	0 30 0 30 0 50	0 80	3 20	25 31	3 16
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armaso zapatas	Zapata 1 00 x 1 00	81 00	DobleDoras Cortadoras Ayudantes	3 3 8	0 50 0 60 0 40	0 40	3 20	25 31	3 16
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado zapatas	Zapata 1 00 x 1 00	81 00	Ayudantes	9	0 80	0 80	7 20	11 25	1 41
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado zapatas	Zapata 1 00 x 1 00	81 00	Vibradores Carretillas Ota concreto Ayudantes	3 3 11 57 6	2 00 2 00	4 00	18 00	4 50	0 58
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado zapatas	Zapata 1 00 x 1 00	81 00	Ayudantes	9	1 20	1 20	10 80	7 50	0 94
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (zap/hr)	Rendimiento Cuadrilla (zap/hr)	Rendimiento Acumulado (zap/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Refieno cimentación	Zapata 1 00 x 1 00	48 00	Ayudantes Carretillas Palas	16 8 8	1 50	1 50	24 00	2 00	0 25
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Firme N 3+00	m <sup>3</sup>	41 22 412 15	Ayudantes Enrazadores Carretillas Ota concreto	9 6 4 5 89	2 00 12 00	2 00 12 00	18 00 72 00	2 29 5 72	1 00
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Cuadrilla (m <sup>3</sup> /hr)	Rendimiento Acumulado (m <sup>3</sup> /hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Firme N 1+00	m <sup>3</sup>	108 45 1064 45	Ayudantes Enrazadores Carretillas Ota concreto	11 8 5 15 48	2 00 12 00	2 00 12 00	22 00 98 00	4 63 11 30	2 03

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado col ext -3+00	D= m³3 de col 0.30 H= 4	11.68	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	2 2 4	0.50 0.60 0.75	0.75	3.00	3.96	0.49
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Col ext -3+00	D= m²2 de col 0.30 H= 4	158.34	Ayudantes	6	5.75	5.75	34.50	4.59	0.57
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Col ext -3+00	D= m³3 de col 0.30 H= 4	11.68	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	2 2 1.70 2	1.00 1.70 1.50	2.50	5.00	2.38	0.30
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Col ext -3+00	D= m²2 de col 0.30 H= 4	158.34	Ayudantes	6	7.20	7.20	43.20	3.67	0.46
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado col interior -3+00	D= m³3 de col 0.30 H= 4	5.09	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 2	0.50 0.60 0.75	0.75	1.50	3.39	0.42
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Col interior -3+00	D= m²2 de col 0.30 H= 4	67.66	Ayudantes	2	5.75	5.75	11.50	5.90	0.74
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Col interior -3+00	D= m³3 de col 0.30 H= 4	5.09	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	1 1 0.73 1	1.00 0.73 1.50	2.50	2.50	2.04	0.25
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Col int -3+00	D= m²2 de col 0.30 H= 4	67.66	Ayudantes	2	7.20	7.20	14.40	4.71	0.59
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado col interior 1+00	D= m³3 de col 0.30 H= 3.6	7.63	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	2 2 4	0.50 0.60 0.75	0.75	3.00	2.54	0.32
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Col interior 1+00	D= m²2 de col 0.30 H= 3.6	101.79	Ayudantes	2	5.75	5.75	11.50	6.85	1.11
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Col interior 1+00	D= m³3 de col 0.30 H= 3.6	7.63	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	1 1 1.09 1	1.00 1.09 1.50	2.50	2.50	3.05	0.38
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Col int 1+00	D= m²2 de col 0.30 H= 3.6	101.79	Ayudantes	2	7.20	7.20	14.40	7.07	0.88
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado col ext 1+00	D= m³3 de col 0.30 H= 3.6	5.85	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 2	0.50 0.60 0.75	0.75	1.50	3.90	0.49
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Col ext 1+00	D= m²2 de col 0.30 H= 3.6	78.04	Ayudantes	2	5.75	5.75	11.50	6.79	0.85

Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Col ext 1+00	m³ de col 0 30 3 6	5 65	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	2 2 0 64 2	1 00 1 50	2 50	5 00	1 17	0 15
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Col ext 1+00	m² de col 0 30 3 6	78 04	Ayudantes	2	7 20	7 20	14 40	5 42	0 68
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado trabes 1+00	m³ de tra 0 30 1 29 68	11 67	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 2	0 50 0 80 0 75	0 75	1 50	7 78	0 97
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Trabes 1+00	m² de col 0 30 1 29 68	155 62	Ayudantes	4	5 75	5 75	23 00	6 77	0 85
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Trabes 1+00	m³ de col 0 30 1 29 68	11 67	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	2 2 1 87 2	1 00 1 50	2 50	5 00	2 33	0 29
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Trabes 1+00	m² de col 0 30 1 29 68	155 62	Ayudantes	4	7 20	7 20	28 80	5 40	0 68
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado trabes 9+75	m³ de tra 0 30 2 09 33	18 84	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	1 1 2	0 50 0 80 0 75	0 75	1 50	12 56	1 57
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado Trabes 9+75	m² de col 0 30 2 09 33	251 20	Ayudantes	4	5 75	5 75	23 00	10 92	1 37
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado Trabes 9+75	m³ de col 0 30 2 09 33	18 84	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	1 1 2 89 1	1 00 1 50	2 50	2 50	7 54	0 94
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado Trabes 1+00	m² de col 0 30 2 09 33	251 20	Ayudantes	4	7 20	7 20	28 80	5 72	1 08
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Armado losa	m³ de tra	99 19	Dobladoras Cortadoras Ayudantes	4 4 8	0 50 0 80 0 75	0 75	6 00	18 53	2 07
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Cimbrado losa	m² de col	661 25	Ayudantes	8	5 75	5 75	46 00	14 38	1 80
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³3/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³3/hr)	Rendimiento Acumulado (m³3/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Colado losa	m³ de col 0 30	99 19	Vibradores Bombas concr Olla concreto Ayudantes	5 5 14 17 5	1 00 1 50	2 50	12 50	7 94	0 98
Actividad	Unidad Actividad	Cantidad Actividad	Integrantes	Numero de Integrantes Totales	Rendimiento c/Integrante (m³2/hr)	Rendimiento Cuadrilla (m³2/hr)	Rendimiento Acumulado (m³2/hr)	Duración Actividad (hrs)	Duración Actividad (jornada)
Descimbrado losa	m² de col	661 25	Ayudantes	8	7 20	7 20	57 60	11 48	1 44

## Anexo 17

### Tareas

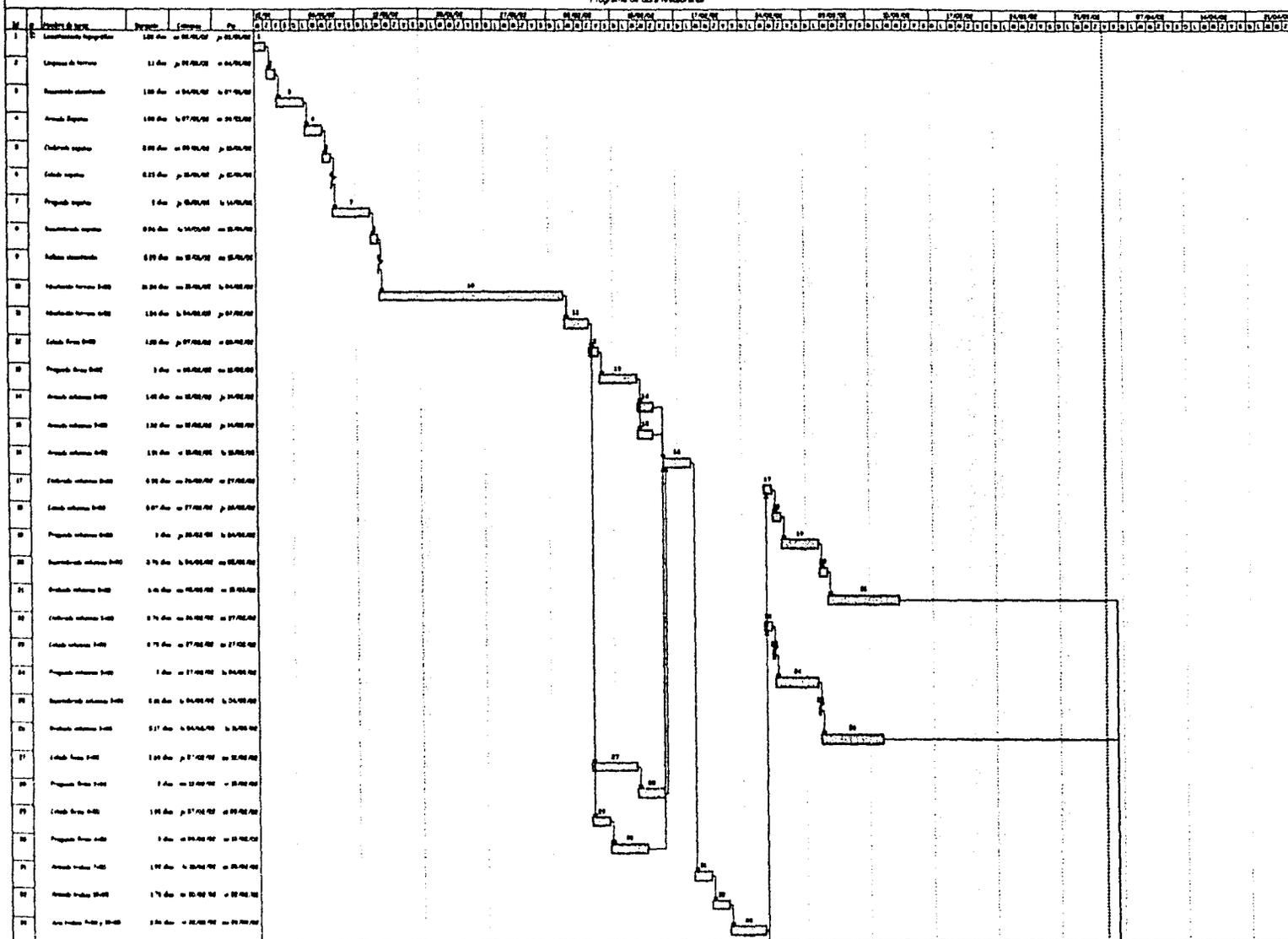
#### Programa de obra restaurante

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predeces
1	Levantamiento topográfico	1.03 días	mi 02/01/02	ju 03/01/02	
2	Limpieza de terreno	1.1 días	ju 03/01/02	vi 04/01/02	1
3	Excavación cimentación	1.88 días	vi 04/01/02	lu 07/01/02	2
4	Armado Zapatas	1.88 días	mi 07/01/02	mi 09/01/02	3
5	Cimbrado zapatas	0.83 días	mi 09/01/02	ju 10/01/02	4
6	Colado zapatas	0.33 días	ju 10/01/02	ju 10/01/02	5
7	Fraguado zapatas	3 días	ju 10/01/02	lu 14/01/02	6
8	Descimbrado zapatas	0.56 días	lu 14/01/02	ma 15/01/02	7
9	Relleno cimentación	0.25 días	ma 15/01/02	ma 15/01/02	8
10	Nivelación terreno 3+00	16.24 días	ma 15/01/02	lu 04/02/02	9
11	Nivelación terreno 4+50	1.34 días	lu 04/02/02	ju 07/02/02	10
12	Colado firme 0+00	1.28 días	ju 07/02/02	vi 08/02/02	11
13	Fraguado firme 0+00	3 días	vi 08/02/02	ma 12/02/02	12
14	Armado columnas 0+00	1.45 días	ma 12/02/02	ju 14/02/02	13
15	Armado columnas 3+00	1.32 días	ma 12/02/02	ju 14/02/02	13
16	Armado columnas 4+50	1.91 días	vi 15/02/02	lu 18/02/02	14,15,28,3
17	Cimbrado columnas 0+00	0.95 días	ma 26/02/02	mi 27/02/02	33
18	Colado columnas 0+00	0.87 días	mi 27/02/02	ju 28/02/02	17
19	Fraguado columnas 0+00	3 días	ju 28/02/02	lu 04/03/02	18
20	Descimbrado columnas 0+00	0.76 días	lu 04/03/02	ma 05/03/02	19
21	Grabado columnas 0+00	6.41 días	ma 05/03/02	mi 13/03/02	20
22	Cimbrado columnas 3+00	0.76 días	ma 26/02/02	mi 27/02/02	33
23	Colado columnas 3+00	0.79 días	mi 27/02/02	mi 27/02/02	22
24	Fraguado columnas 3+00	3 días	mi 27/02/02	lu 04/03/02	23
25	Descimbrado columnas 3+00	0.61 días	lu 04/03/02	lu 04/03/02	24
26	Grabado columnas 3+00	5.17 días	lu 04/03/02	lu 11/03/02	25
27	Colado firme 3+00	3.69 días	ju 07/02/02	ma 12/02/02	21
28	Fraguado firme 3+00	3 días	ma 12/02/02	vi 15/02/02	27
29	Colado firme 4+50	1.95 días	ju 07/02/02	sa 09/02/02	11
30	Fraguado firme 4+50	3 días	sa 09/02/02	mi 13/02/02	29
31	Armado trabes 7+50	1.92 días	lu 18/02/02	mi 20/02/02	16
32	Armado trabes 19+85	1.76 días	mi 20/02/02	vi 22/02/02	31
33	Arm trabes 7+30 y 19+85	2.56 días	vi 22/02/02	ma 25/02/02	32
34	Cimbrado trabes 7+30	1.25 días	ma 26/02/02	mi 27/02/02	33
35	Colado trabes 7+30	0.86 días	mi 27/02/02	ju 28/02/02	34
36	Fraguado trabes 7+30	3 días	ju 28/02/02	lu 04/03/02	35
37	Descimbrado trabes 7+30	1 día	lu 04/03/02	ma 05/03/02	36
38	Grabado trabes 7+30	6.78 días	ma 05/03/02	mi 13/03/02	37
39	Cimbrado columnas 4+50	2 días	ma 26/02/02	ju 28/02/02	33
40	Colado columnas 4+50	0.86 días	ju 28/02/02	vi 01/03/02	39
41	Fraguado columnas 4+50	3 días	vi 01/03/02	ma 05/03/02	40
42	Descimbrado columnas 4+50	1.59 días	ma 05/03/02	ju 07/03/02	41
43	Grabado columnas 4+50	8.44 días	ju 07/03/02	lu 18/03/02	42
44	Cimbrado trabes 19+85	1.53 días	ma 26/02/02	mi 27/02/02	33
45	Colado trabes 19+85	0.79 días	mi 27/02/02	ju 28/02/02	44
46	Fraguado trabes 19+85	3 días	ju 28/02/02	lu 04/03/02	45
47	Descimbrado trabes 19+85	1.22 días	lu 04/03/02	mi 06/03/02	46
48	Grabado trabes 19+85	5.18 días	mi 06/03/02	ma 12/03/02	47
49	Cimbr trabes 7+30 y 19+85	1.67 días	ma 26/02/02	mi 27/02/02	33
50	Col trabes 7+30 y 19+85	0.92 días	mi 27/02/02	ju 28/02/02	49
51	Frag trabes 7+30 y 19+85	3 días	ju 28/02/02	ma 05/03/02	50
52	Descim trabes 7+30 y 19+85	1.33 días	ma 05/03/02	mi 06/03/02	51
53	Grab trabes 7+30 y 19+85	6.45 días	mi 06/03/02	ju 14/03/02	52
54	Armado trabes 28+65	1.49 días	lu 18/03/02	ma 19/03/02	53,48,43,3
55	Cimbrado trabes 28+65	0.97 días	ma 19/03/02	mi 20/03/02	54
56	Colado trabes 28+65	0.67 días	mi 20/03/02	vi 22/03/02	55
57	Fraguado trabes 28+65	3 días	vi 22/03/02	ma 26/03/02	56
58	Descimbrado trabes 28+65	0.78 días	ma 26/03/02	mi 27/03/02	57
59	Grabado trabes 28+65	6.56 días	mi 27/03/02	ju 04/04/02	58
60	Arm trabes 19+85 y 28+65	1.55 días	lu 18/03/02	ma 19/03/02	53,48,43,3
61	Cimbr trabes 19+85 y 28+65	1.01 días	ma 19/03/02	mi 20/03/02	60
62	Col trabes 19+85 y 28+65	0.93 días	mi 20/03/02	vi 22/03/02	61
63	Frag trabes 19+85 y 28+65	3 días	vi 22/03/02	mi 27/03/02	62
64	Desc trabes 19+85 y 28+65	0.81 días	mi 27/03/02	mi 27/03/02	63
65	Grab trabes 19+85 y 28+65	7.81 días	mi 27/03/02	sa 06/04/02	64
66	Techo palma	3 días	sa 06/04/02	mi 10/04/02	65,59,21,2
67	Accesos	4 días	sa 06/04/02	ju 11/04/02	65,59,21,2
68	Trabes madera	4 días	mi 10/04/02	lu 15/04/02	66
69	Muros cocina	2 días	mi 10/04/02	vi 12/04/02	66
70	Cancelería interior	2 días	vi 12/04/02	lu 15/04/02	69
71	Cantera exterior	4 días	mi 10/04/02	lu 15/04/02	68
72	Pulido pisos	4 días	lu 15/04/02	vi 19/04/02	71,70,68
73	Limpieza general	2 días	vi 19/04/02	ma 23/04/02	72,67
74	Muebles	2 días	ma 23/04/02	ju 25/04/02	73

**Anexo 18**  
**Tareas**  
**Programa de obra acuario**

Kd	e	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
1		Levantamiento topográfico	0.68 días	mi 02/01/02	mi 02/01/02	
2	1	Construcción dique retención	3.29 días	mi 02/01/02	lu 07/01/02	1
3		Bombeo agua	2.94 días	lu 07/01/02	ju 10/01/02	2
4		Limpieza terreno	0.55 días	ju 10/01/02	ju 10/01/02	3
5		Excavación cimentación	3.16 días	ju 10/01/02	ma 15/01/02	4
6		Armado zapatas	3.16 días	ma 15/01/02	vi 18/01/02	5
7		Cimbrado zapatas	1.41 días	vi 18/01/02	lu 21/01/02	6
8		Colado zapatas	0.56 días	lu 21/01/02	lu 21/01/02	7
9		Fraguado zapatas	3 días	lu 21/01/02	ju 24/01/02	8
10		Descimbrado zapatas	0.94 días	ju 24/01/02	vi 25/01/02	9
11		Colado firme N -3+00	1 día	vi 25/01/02	lu 28/01/02	10
12		Fraguado firme N -3+00	3 días	lu 28/01/02	ju 31/01/02	11
13		Colado firme N 1+00	2.03 días	vi 25/01/02	ma 29/01/02	10
14		Fraguado firme N 1+00	3 días	ma 29/01/02	vi 01/02/02	13
15		Armado cols ext N-3+00	0.49 días	vi 01/02/02	vi 01/02/02	14,12
16		Cimbrado cols ext N-3+00	0.57 días	vi 01/02/02	sa 02/02/02	15
17		Colado cols ext N-3+00	0.3 días	sa 02/02/02	sa 02/02/02	16
18		Fraguado cols ext N-3+00	3 días	sa 02/02/02	ju 07/02/02	17
19		Descimb cols ext N-3+00	0.46 días	ju 07/02/02	vi 08/02/02	18
20		Armado cols int N-3+00	0.42 días	vi 01/02/02	vi 01/02/02	14,12
21		Cimbrado cols int N-3+00	0.74 días	vi 01/02/02	sa 02/02/02	20
22		Colado cols int N-3+00	0.25 días	sa 02/02/02	lu 04/02/02	21
23		Fraguado cols int N-3+00	3 días	lu 04/02/02	vi 08/02/02	22
24		Descimb cols int N-3+00	0.59 días	vi 08/02/02	vi 08/02/02	23
25		Armado cols int N1+00	0.32 días	vi 01/02/02	vi 01/02/02	14,12
26		Cimbrado cols int N1+00	1.11 días	vi 01/02/02	lu 04/02/02	25
27		Colado cols int N1+00	0.38 días	lu 04/02/02	lu 04/02/02	26
28		Fraguado cols int N1+00	3 días	lu 04/02/02	vi 08/02/02	27
29		Descimbrado cols int N1+00	0.86 días	vi 08/02/02	sa 09/02/02	28
30		Armado cols ext N1+00	0.49 días	vi 08/02/02	sa 09/02/02	19,24
31		Cimbrado cols ext N1+00	0.85 días	sa 09/02/02	lu 11/02/02	30
32		Colado cols ext N1+00	0.15 días	lu 11/02/02	lu 11/02/02	31
33		Fraguado cols ext N1+00	3 días	lu 11/02/02	ju 14/02/02	32
34		Descimbrado cols ext N1+00	0.66 días	ju 14/02/02	vi 15/02/02	33
35		Armado traves N1+00	0.97 días	vi 08/02/02	sa 09/02/02	19,24
36		Cimbrado traves N1+00	0.85 días	sa 09/02/02	lu 11/02/02	35
37		Colado traves N1+00	0.29 días	lu 11/02/02	ma 12/02/02	36
38		Fraguado traves N1+00	3 días	ma 12/02/02	vi 15/02/02	37
39		Descimbrado traves N1+00	0.66 días	vi 15/02/02	vi 15/02/02	38
40		Armado traves N9+75	1.57 días	vi 15/02/02	lu 18/02/02	39,34,29
41		Cimbrado traves N9+75	1.37 días	lu 18/02/02	mi 20/02/02	40
42		Colado traves N9+75	0.94 días	mi 20/02/02	ju 21/02/02	41
43		Fraguado traves N9+75	3 días	ju 21/02/02	lu 25/02/02	42
44		Descimbrado traves N9+75	1.09 días	lu 25/02/02	ma 28/02/02	43
45		Muros ext N -3+00	3 días	ma 28/02/02	vi 01/03/02	44
46		Cristal Duo - Vent N -3+00	4 días	vi 01/03/02	mi 06/03/02	45
47		Armado losa N1+00/N-3+00	2.07 días	mi 06/03/02	vi 06/03/02	46
48		Cimbrado losa N1+00/N-3+00	1.8 días	vi 06/03/02	ma 12/03/02	47
49		Colado losa N1+00/N-3+00	0.99 días	ma 12/03/02	mi 13/03/02	48
50		Fraguado losa N1+00/N-3+00	6 días	mi 13/03/02	mi 20/03/02	49
51		Descim losa N1+00/N-3+00	1.44 días	mi 20/03/02	vi 22/03/02	50
52		Muros super N1+00	4 días	vi 22/03/02	ju 28/03/02	51
53		Cristal super N 1+00	5 días	ju 28/03/02	mi 03/04/02	52
54		Muros ext N 1+00	3 días	ma 26/02/02	vi 01/03/02	44
55		Cristal ext N 1+00	3 días	vi 01/03/02	ma 05/03/02	54
56		Tanques para tortugas	4 días	vi 01/03/02	mi 06/03/02	54
57		Accesos	2 días	mi 06/03/02	vi 08/03/02	56
58		Muros interiores	7 días	mi 03/04/02	vi 12/04/02	55,53
59		Cubierta interior	3 días	vi 12/04/02	ma 16/04/02	58
60		Pulido pisos	2 días	ma 16/04/02	ju 18/04/02	59
61		Limpieza	3 días	ju 18/04/02	lu 22/04/02	57,60
62		Muebles	2 días	mi 22/04/02	mi 24/04/02	61

Anexo 19  
Diagrama de barras  
Programa de obra restaurante



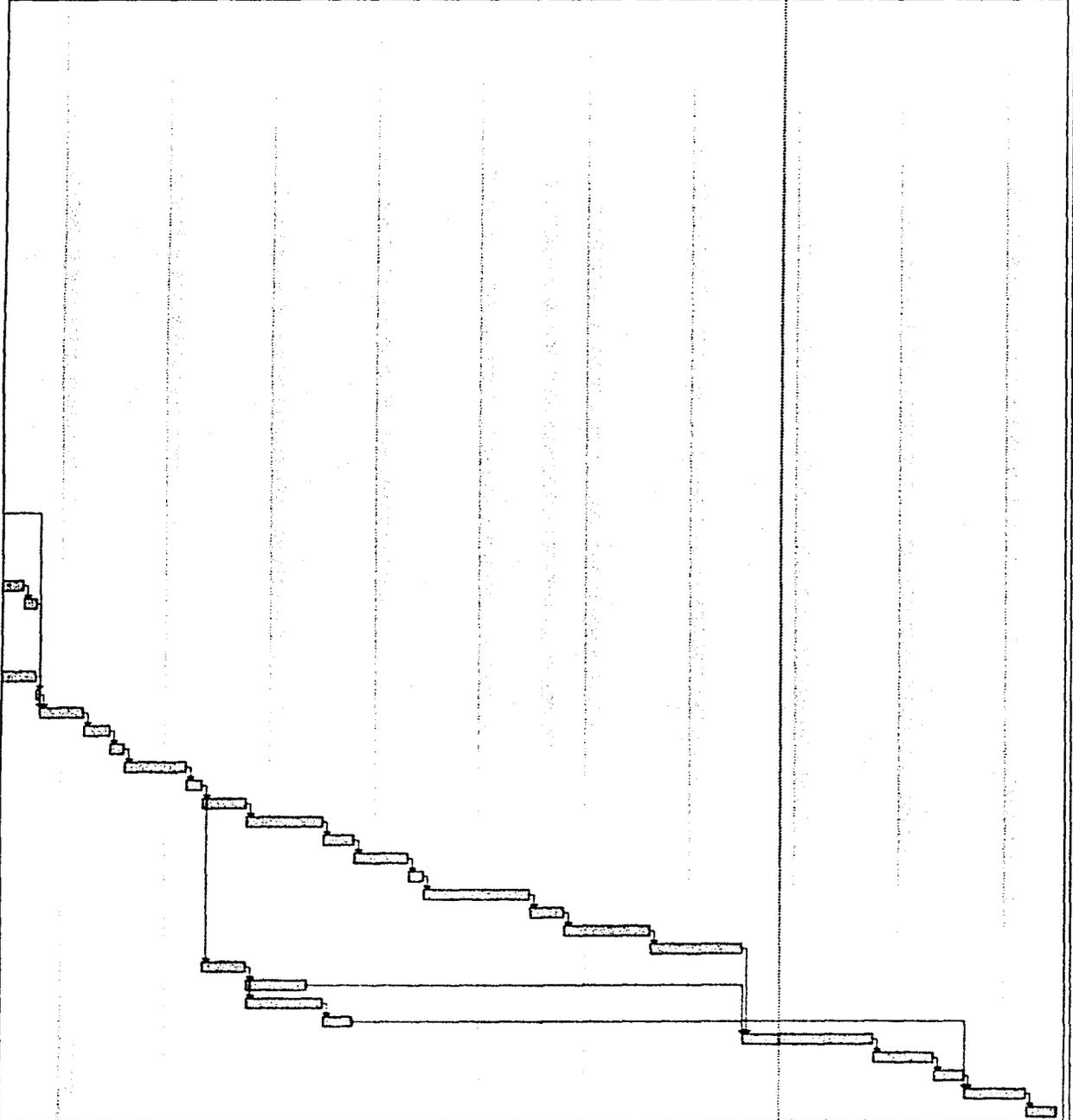






Anexo 20  
Diagrama de barras  
Programa de obra Acuario

02/02 17/02/02 24/02/02 03/03/02 10/03/02 17/03/02 24/03/02 31/03/02 07/04/02 14/04/02 21/04/02



Proyecto Centro Eco - Turístico en Coz.

Tarea  
Tarea crítica  
Programa  
Hito  
Punto  
Tarea realizada

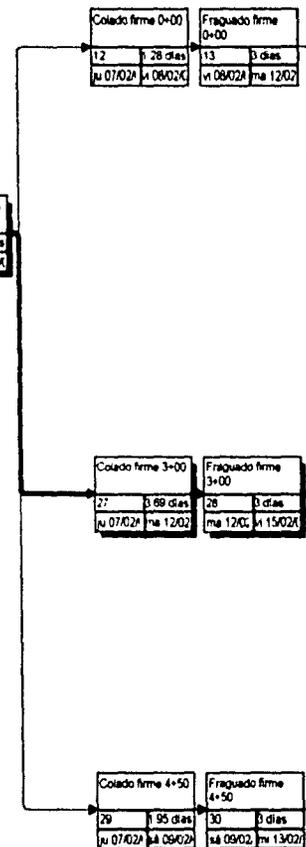
Tarea a otro recurso  
Hito realizado  
Programa realizado

Desde  
Tareas activas  
Recurso de proyecto

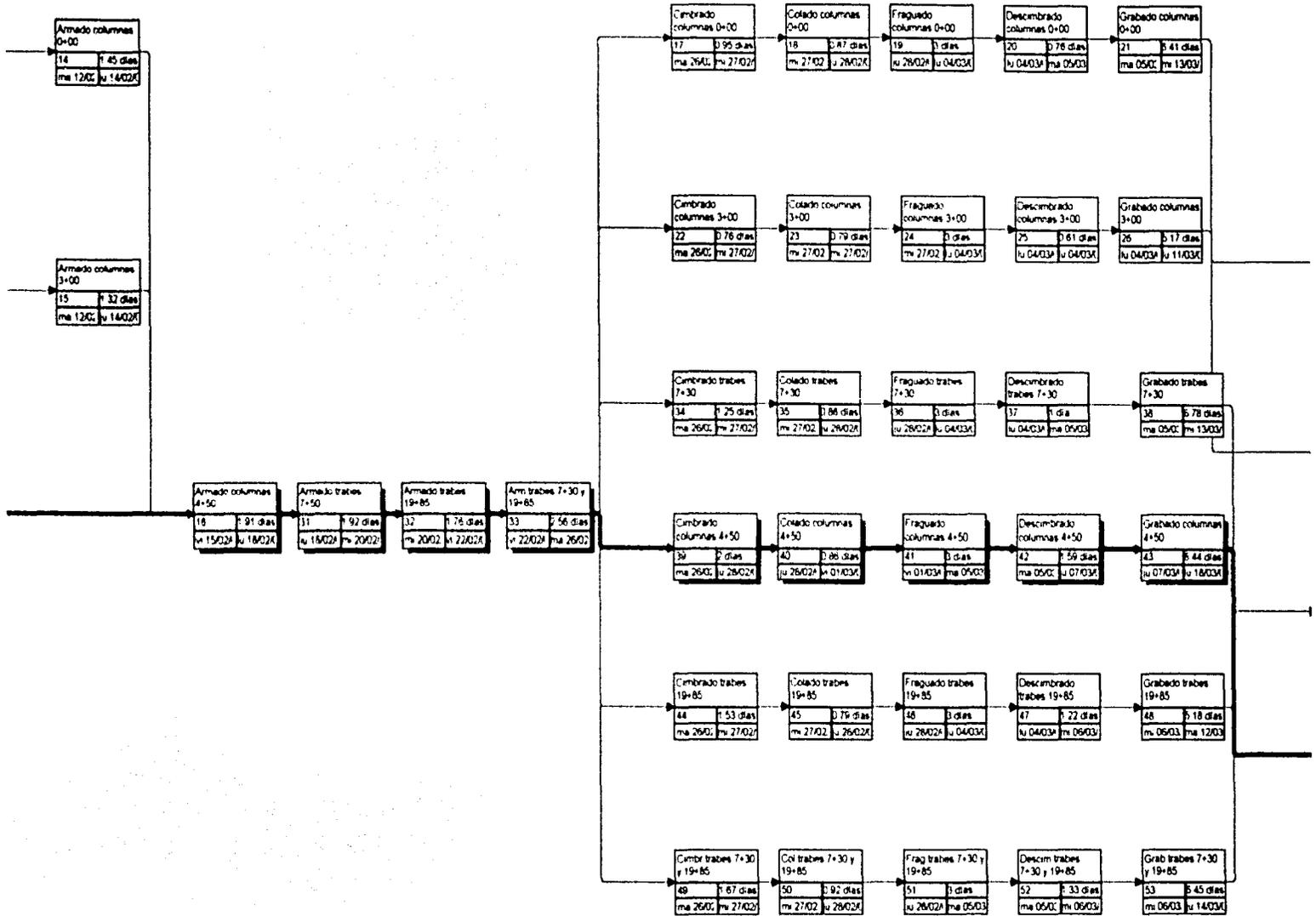
Centro Eco - Turístico en Cozumel

**Anexo 21**  
**Diagrama Pert**  
**Programa de obra acuario**

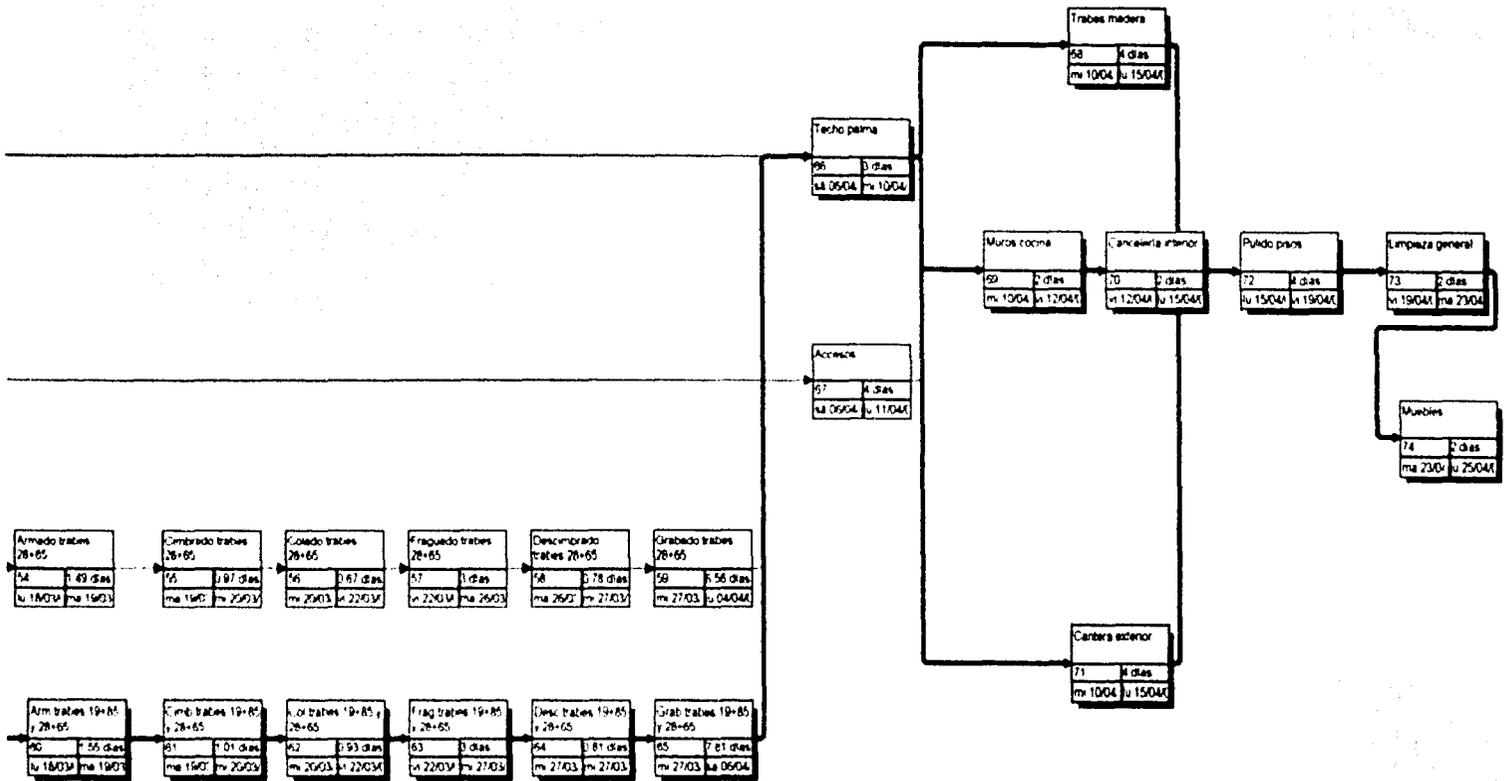
Levantamiento topográfico	Limpieza de terreno	Excavación cimentación	Armado Zapatas	Embrado zapatas	Colado zapatas	Fraguado zapatas	Desmontado zapatas	Rebello cimentación	Aliviación terreno 3+00	Aliviación terreno 4+50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.03 días	1 día	1.88 días	1.88 días	0.83 días	0.33 días	0 días	0.56 días	0.25 días	1.24 días	1.34 días
mi 07/01	ju 03/01	vi 04/01	ju 07/01	mi 06/01	ju 10/01	ju 10/01	ju 14/01	ma 15/01	ma 15/01	ju 04/02
vi 07/01	vi 04/01	ju 07/01	mi 06/01	ju 10/01	ju 10/01	ju 14/01	ma 15/01	ma 15/01	ju 04/02	ju 07/02



**Anexo 21**  
**Diagrama Pert**  
**Programa de obra acuario**



**Anexo 21**  
**Diagrama Pert**  
**Programa de obra acuario**



**Anexo 21**  
Tareas críticas  
Programa de obra restaurante

Id	q	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predece
1	1	Levantamiento topográfico	1 03 días	mi 02/01/02	ju 03/01/02	
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
2	2	Limpieza de terreno	1 1 días	ju 03/01/02	vi 04/01/02	1
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
3	3	Excavación cimentación	1 88 días	vi 04/01/02	lu 07/01/02	2
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
4	4	Armado Zapatas	1 88 días	lu 07/01/02	mi 09/01/02	3
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
5	5	Cimbrado zapatas	0 83 días	mi 09/01/02	ju 10/01/02	4
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
6	6	Colado zapatas	0 33 días	ju 10/01/02	ju 10/01/02	5
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
7	7	Fraguado zapatas	3 días	ju 10/01/02	lu 14/01/02	6
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
8	8	Descimbrado zapatas	0 56 días	lu 14/01/02	ma 15/01/02	7
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
9	9	Relleno cimentación	0 25 días	ma 15/01/02	ma 15/01/02	8
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
10	10	Nivelación terreno 3+00	18 24 días	ma 15/01/02	lu 04/02/02	9
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
11	11	Nivelación terreno 4+50	1 34 días	lu 04/02/02	ju 07/02/02	10
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
12	12	Colado firme 0+00	0 días			
27	27	Colado firme 3+00	0 días			
29	29	Colado firme 4+50	0 días			
16	16	Armado columnas 4+50	1 91 días	vi 15/02/02	lu 18/02/02	14,15,28,3
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
31	31	Armado traves 7+50	0 días			
27	27	Colado firme 3+00	3 69 días	ju 07/02/02	ma 12/02/02	11
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
28	28	Fraguado firme 3+00	3 días	ma 12/02/02	vi 15/02/02	27
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
16	16	Armado columnas 4+50	0 días			
31	31	Armado traves 7+50	1 92 días	lu 18/02/02	mi 20/02/02	16
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
32	32	Armado traves 19+85	1 76 días	mi 20/02/02	vi 22/02/02	31
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
33	33	Arm traves 7+30 y 19+85	2 56 días	vi 22/02/02	ma 26/02/02	32
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
17	17	Cimbrado columnas 0+00	0 días			
22	22	Cimbrado columnas 3+00	0 días			
34	34	Cimbrado traves 7+30	0 días			
39	39	Cimbrado columnas 4+50	0 días			
44	44	Cimbrado traves 19+85	0 días			
49	49	Cimbr traves 7+30 y 19+85	0 días			
39	39	Cimbrado columnas 4+50	2 días	ma 26/02/02	ju 28/02/02	33
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
40	40	Colado columnas 4+50	0 días			
40	40	Colado columnas 4+50	0 86 días	ju 28/02/02	vi 01/03/02	39
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
41	41	Fraguado columnas 4+50	3 días	vi 01/03/02	ma 05/03/02	40
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
42	42	Descimbrado columnas 7+50	0 días			
42	42	Descimbrado columnas 4+50	1 59 días	ma 05/03/02	ju 07/03/02	41
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
43	43	Grabado columnas 4+50	0 días			

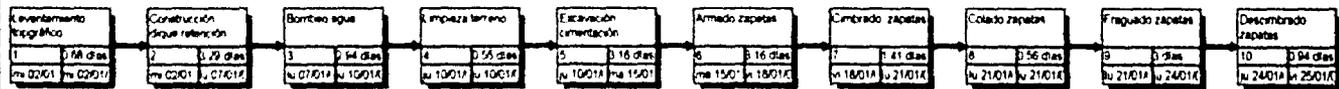
**Anexo 21**  
Tareas críticas  
Programa de obra restaurante

Id	o	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predece:
43		Grabado columnas 4+50	8.44 días	ju 07/03/02	lu 18/03/02	42
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	54	Armado trabes 28+65	FC	0 días		
	60	Arm trabes 19+85 y 28+65	FC	0 días		
60		Arm trabes 19+85 y 28+65	1.55 días	lu 18/03/02	ma 19/03/02	53,48,43,3
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	81	Cmb traves 19+85 y 28+65	FC	0 días		
61		Cmb trabes 19+85 y 28+65	1.01 días	ma 19/03/02	mi 20/03/02	60
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	62	Col trabes 19+85 y 28+65	FC	0 días		
62		Col trabes 19+85 y 28+65	0.93 días	mi 20/03/02	vi 22/03/02	81
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	63	Frag trabes 19+85 y 28+65	FC	0 días		
63		Frag trabes 19+85 y 28+65	3 días	vi 22/03/02	mi 27/03/02	62
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	64	Desc trabes 19+85 y 28+65	FC	0 días		
64		Desc trabes 19+85 y 28+65	0.81 días	mi 27/03/02	mi 27/03/02	63
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	65	Grab trabes 19+85 y 28+65	FC	0 días		
65		Grab trabes 19+85 y 28+65	7.81 días	mi 27/03/02	sá 06/04/02	64
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	66	Techo palma	FC	0 días		
	67	Accesos	FC	0 días		
66		Techo palma	3 días	sá 06/04/02	mi 10/04/02	65,59,21,2
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	68	Trabes madera	FC	0 días		
	69	Muro cocina	FC	0 días		
	71	Cantera exterior	FC	0 días		
68		Trabes madera	4 días	mi 10/04/02	lu 15/04/02	66
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	72	Pulido pisos	FC	0 días		
69		Muro cocina	2 días	mi 10/04/02	vi 12/04/02	66
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	70	Cancelería interior	FC	0 días		
70		Cancelería interior	2 días	vi 12/04/02	lu 15/04/02	69
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	72	Pulido pisos	FC	0 días		
71		Cantera exterior	4 días	mi 10/04/02	lu 15/04/02	66
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	72	Pulido pisos	FC	0 días		
72		Pulido pisos	4 días	lu 15/04/02	vi 19/04/02	71,70,68
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	73	Limpieza general	FC	0 días		
73		Limpieza general	2 días	vi 19/04/02	ma 23/04/02	72,67
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	74	Muebles	FC	0 días		
74		Muebles	2 días	ma 23/04/02	ju 25/04/02	73

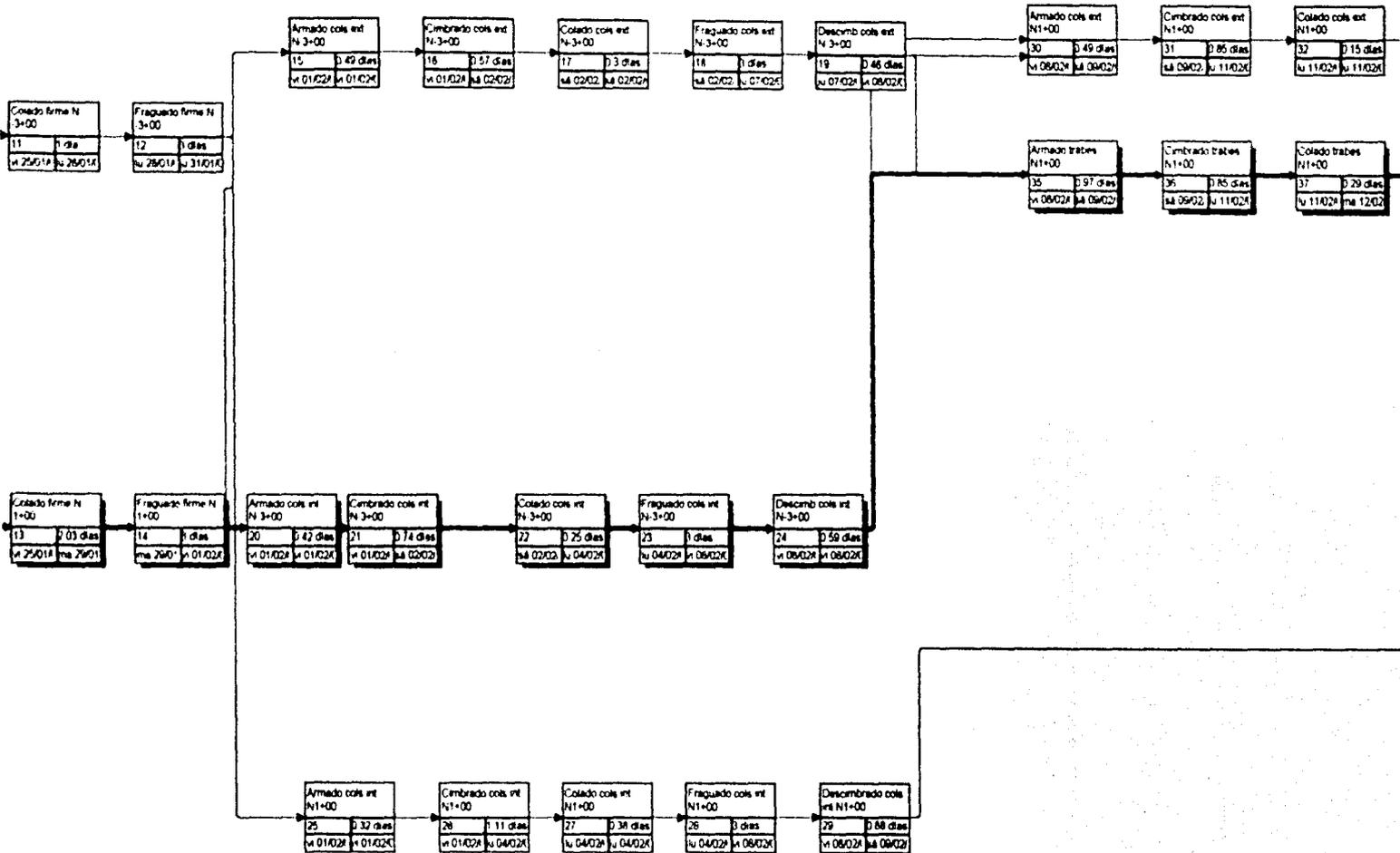
**Anexo 21**  
**Calculo de holguras libres y totales del restaurante**

Actividad	Duración	Predecesor Actividad	Sucesor Actividad	Topi	Topj	Toil	Toij	HL	HT	
1	1 03		2	0	1 03	0	1 03	0 00	0 00	Critico
2	1 1	1	3	1 03	2 13	1 03	2 13	0 00	0 00	Critico
3	1 88	2	4	2 13	4 01	2 13	4 01	0 00	0 00	Critico
4	1 88	3	5	4 01	5 89	4 01	5 89	0 00	0 00	Critico
5	0 83	4	6	5 89	6 72	5 89	6 72	0 00	0 00	Critico
6	0 33	5	7	6 72	7 05	6 72	7 05	0 00	0 00	Critico
7	3	6	8	7 05	10 05	7 05	10 05	0 00	0 00	Critico
8	0 50	7	9	10 05	10 61	10 05	10 61	0 00	0 00	Critico
9	0 25	8	10	10 61	10 86	10 61	10 86	0 00	0 00	Critico
10	16 24	9	11	10 86	27 1	10 86	27 1	0 00	0 00	Critico
11	1 34	10	12,27,29	27 1	28 44	27 1	28 44	0 00	0 00	Critico
12	1 28	11	13	28 44	29 72	29 4	30 68	0 00	0 96	No critico
13	3	12	14,15	29 72	32 72	30 68	33 68	0 00	0 96	No critico
14	1 45	13	16	32 72	34 17	33 68	35 13	0 00	0 96	No critico
15	1 32	13	16	32 72	34 04	33 81	35 13	0 00	1 09	No critico
16	1 91	14,15,28,30	31	35 13	37 04	35 13	37 04	0 00	0 00	Critico
17	0 95	33	18	43 28	44 23	42 29	43 24	0 00	19 01	No critico
18	0 87	17	19	44 23	45 1	43 24	44 11	0 00	19 01	No critico
19	3	18	20	45 1	48 1	44 11	47 11	0 00	19 01	No critico
20	0 78	19	21	48 1	48 86	47 11	47 87	0 00	19 01	No critico
21	6 41	20	66,67	48 86	55 27	47 87	74 28	0 00	19 01	No critico
22	0 76	33	23	43 28	44 04	43 95	44 71	0 00	20 67	No critico
23	0 79	22	24	44 04	44 83	44 71	45 5	0 00	20 67	No critico
24	3	23	25	44 83	47 83	45 5	48 5	0 00	20 67	No critico
25	0 61	24	26	47 83	48 44	48 5	49 11	0 00	20 67	No critico
26	5 17	25	66,67	48 44	53 51	49 11	74 28	0 00	20 67	No critico
27	3 69	11	28	28 44	32 13	28 44	32 13	0 00	0 00	Critico
28	3	27	16	32 13	35 13	32 13	36 13	0 00	0 00	Critico
29	1 95	11	30	28 44	30 39	30 18	32 13	0 00	1 74	No critico
30	3	29	16	30 39	33 39	32 13	35 13	0 00	1 74	No critico
31	1 92	16	32	37 04	38 96	37 04	38 96	0 00	0 00	Critico
32	1 76	31	33	38 96	40 72	38 96	40 72	0 00	0 00	Critico
33	2 56	32	17,22,34,39,44,49	40 72	43 28	40 72	43 28	0 00	0 00	Critico
34	1 25	33	35	43 28	44 53	46 28	47 53	0 00	3 00	No critico
35	0 66	34	36	44 53	45 39	47 53	48 39	0 00	3 00	No critico
36	3	35	37	45 39	48 39	48 39	51 39	0 00	3 00	No critico
37	1	36	38	48 39	49 39	51 39	52 39	0 00	3 00	No critico
38	6 78	37	54,60	49 39	56 17	52 39	59 17	0 00	3 00	No critico
39	2	33	40	43 28	45 28	43 28	45 28	0 00	0 00	Critico
40	0 66	39	41	45 28	46 14	45 28	46 14	0 00	0 00	Critico
41	3	40	42	46 14	49 14	46 14	49 14	0 00	0 00	Critico
42	1 59	41	43	49 14	50 73	49 14	50 73	0 00	0 00	Critico
43	8 44	42	54,60	50 73	59 17	50 73	59 17	0 00	0 00	Critico
44	1 53	33	45	43 28	44 81	47 45	48 98	0 00	4 17	No critico
45	0 79	44	46	44 81	45 6	48 98	49 77	0 00	4 17	Critico
46	3	45	47	45 6	46 6	49 77	52 77	0 00	4 17	Critico
47	1 22	46	48	46 6	48 82	52 77	53 99	0 00	4 17	Critico
48	5 18	47	54,60	49 82	55	53 99	59 17	0 00	4 17	Critico
49	1 87	33	50	43 28	44 95	45 8	47 47	0 00	2 52	Critico
50	0 92	49	51	44 95	45 87	47 47	48 39	0 00	2 52	Critico
51	3	50	52	45 87	46 87	48 39	51 39	0 00	2 52	Critico
52	1 33	51	53	46 87	50 2	51 39	52 72	0 00	2 52	Critico
53	6 45	52	54,60	50 2	56 65	52 72	59 17	0 00	2 52	Critico
54	1 49	38,43,48,53	55	59 17	60 86	60 81	62 3	0 00	1 64	Critico
55	0 97	54	56	60 66	61 63	62 3	63 27	0 00	1 64	Critico
56	0 87	55	57	61 63	62 3	63 27	63 94	0 00	1 64	Critico
57	3	56	58	62 3	65 3	63 94	66 94	0 00	1 64	Critico
58	0 78	57	59	65 3	66 08	66 94	67 72	0 00	1 64	Critico
59	6 56	58	66,67	66 08	72 64	67 72	74 28	0 00	1 64	Critico
60	1 55	38,43,48,53	61	59 17	60 72	60 72	60 72	0 00	0 00	Critico
61	1 01	60	62	60 72	61 73	60 72	61 73	0 00	0 00	Critico
62	0 93	61	63	61 73	62 66	61 73	62 66	0 00	0 00	Critico
63	3	62	64	62 66	65 66	62 66	65 66	0 00	0 00	Critico
64	0 81	63	65	65 66	66 47	65 66	66 47	0 00	0 00	Critico
65	7 81	64	66,67	66 47	74 28	66 47	74 28	0 00	0 00	Critico
66	3	21,26,59,65	66,69,71	74 28	77 28	74 28	77 28	0 00	0 00	Critico
67	4	21,26,59,65	73	74 28	78 28	77 28	85 28	0 00	7 00	No critico
68	4	66	72	77 28	81 28	77 28	81 28	0 00	0 00	Critico
69	2	66	70	77 28	79 28	77 28	79 28	0 00	0 00	Critico
70	2	69	72	79 28	81 28	79 28	81 28	0 00	0 00	Critico
71	4	66	72	77 28	81 28	77 28	81 28	0 00	0 00	Critico
72	4	66,70,71	73	81 28	85 28	81 28	85 28	0 00	0 00	Critico
73	2	67,72	74	85 28	87 28	85 28	87 28	0 00	0 00	Critico
74	2	73		87 28	89 28	87 28	89 28	0 00	0 00	Critico

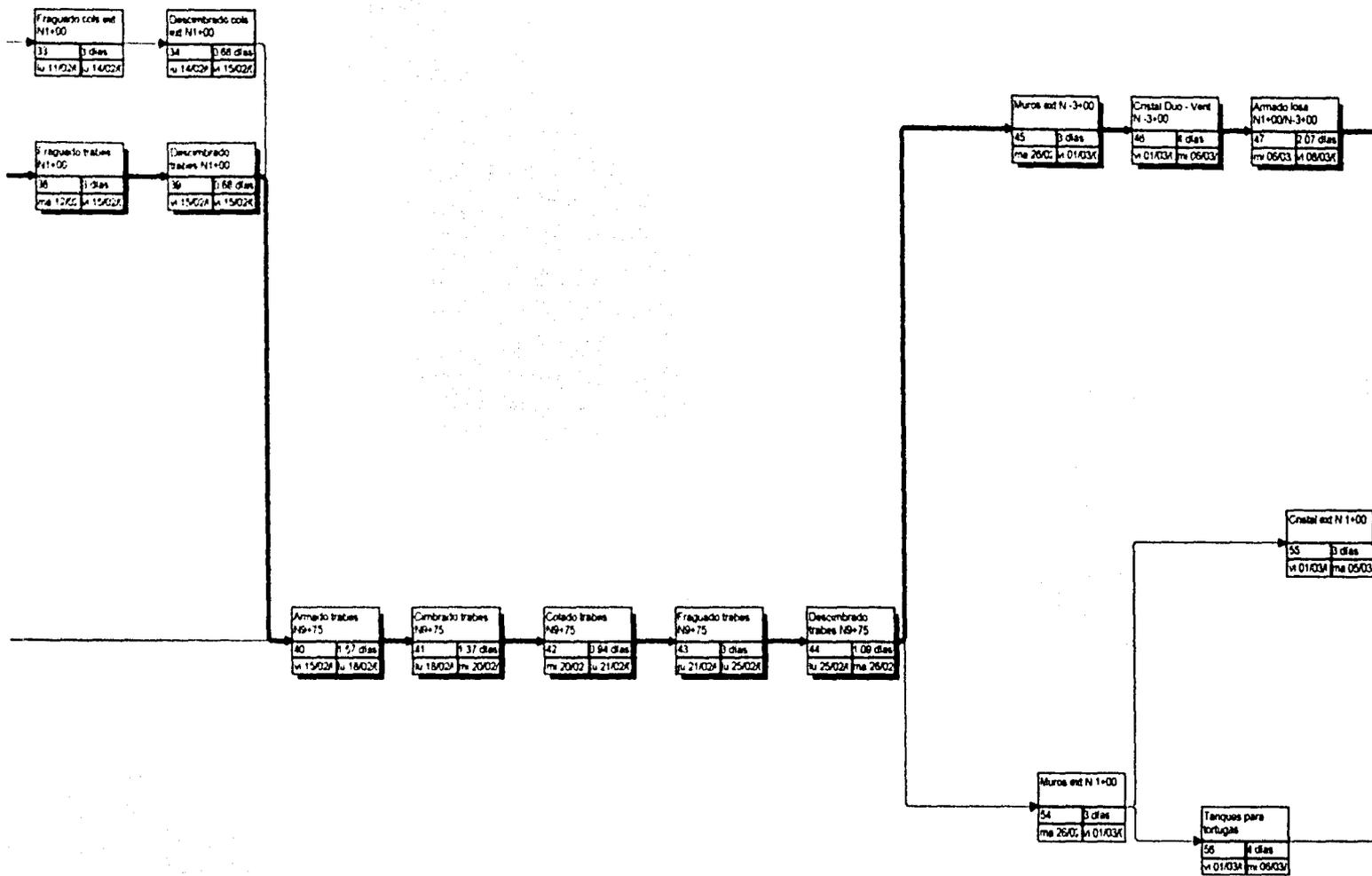
**Anexo 22**  
**Diagrama Pert**  
**Programa de obra del acuario**



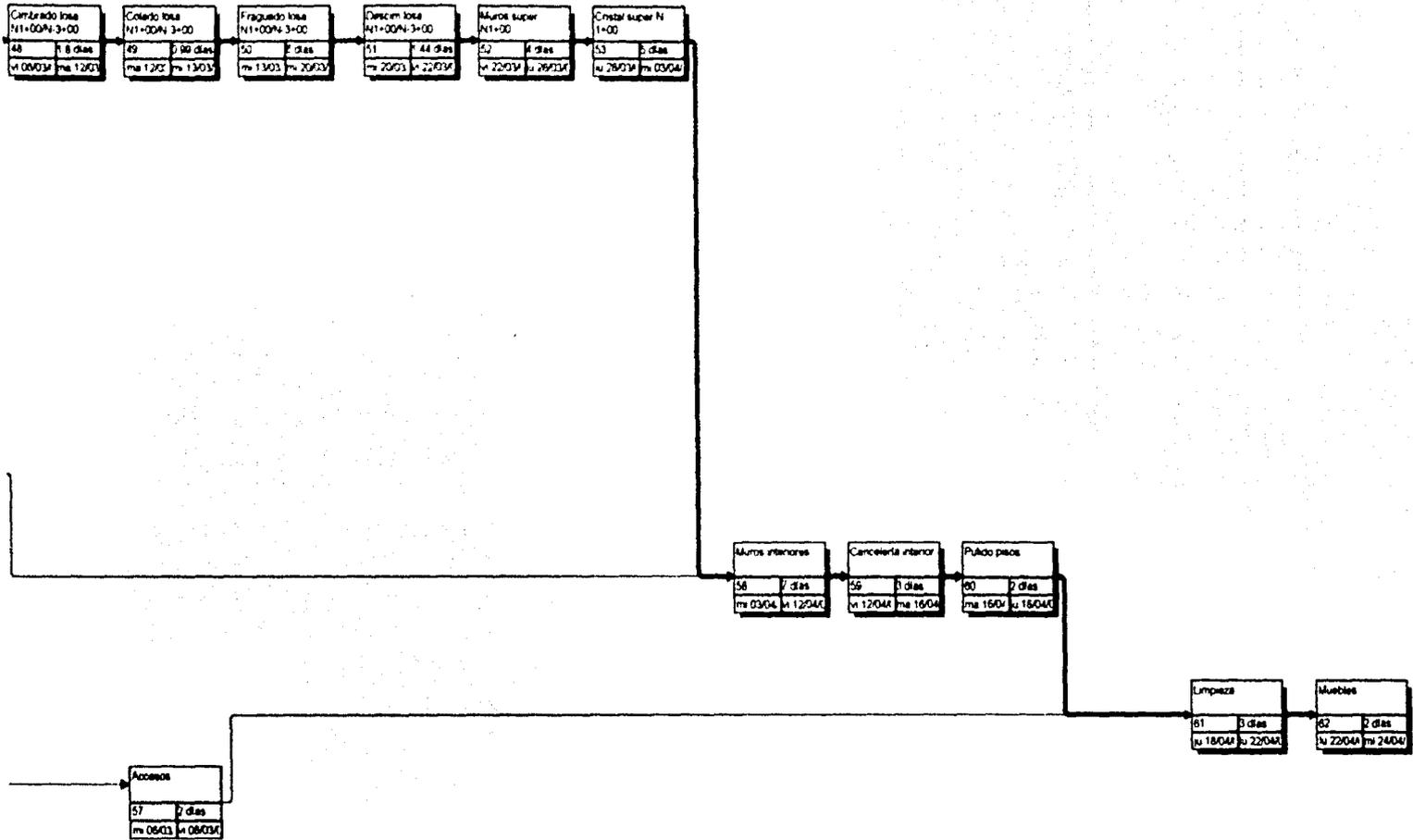
**Anexo 22**  
**Diagrama Pert**  
**Programa de obra del acuario**



**Anexo 22**  
**Diagrama Pert**  
**Programa de obra del acuario**



Anexo 22  
 Diagrama Pert  
 Programa de obra del acuario



**Anexo 22**  
Tareas críticas  
Programa de obra acuario

Id	Nombre de tareas	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
1	Levantamiento topográfico	0 66 días	mi 02/01/02	mi 02/01/02	
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
2	Construcción dique retención	3 29 días	mi 02/01/02	ju 07/01/02	1
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
3	Bombeo agua	2 64 días	ju 07/01/02	ju 10/01/02	2
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
4	Limpieza terreno	0 55 días	ju 10/01/02	ju 10/01/02	3
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
5	Excavación cimentación	3 18 días	ju 10/01/02	ma 15/01/02	4
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
6	Armado zapatas	3 18 días	ma 15/01/02	vi 18/01/02	5
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
7	Cimbrao zapatas	1 41 días	vi 18/01/02	ju 21/01/02	6
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
8	Colado zapatas	0 56 días	ju 21/01/02	ju 21/01/02	7
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
9	Fraguado zapatas	3 días	ju 21/01/02	ju 24/01/02	8
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 3 días			
10	Desmoldado zapatas	0 94 días	ju 24/01/02	vi 25/01/02	9
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
13	Colado firme N 1+00	2 03 días	vi 25/01/02	ma 29/01/02	10
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
14	Fraguado firme N 1+00	3 días	ma 29/01/02	vi 01/02/02	13
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
20	Armado coa int N-3+00	0 42 días	vi 01/02/02	vi 01/02/02	14,12
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
21	Cimbrao coa int N-3+00	0 74 días	vi 01/02/02	sa 02/02/02	20
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
22	Colado coa int N-3+00	0 25 días	sa 02/02/02	ju 04/02/02	21
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
23	Fraguado coa int N-3+00	3 días	ju 04/02/02	vi 08/02/02	22
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 3 días			
24	Desmoldo coa int N-3+00	0 58 días	vi 08/02/02	vi 08/02/02	23
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
36	Armado traves N1+00	0 97 días	vi 08/02/02	sa 09/02/02	19,24
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
36	Cimbrao traves N1+00	0 85 días	sa 09/02/02	ju 11/02/02	35
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
37	Colado traves N1+00	0 29 días	ju 11/02/02	ma 12/02/02	36
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
38	Fraguado traves N1+00	3 días	ma 12/02/02	vi 15/02/02	37
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 3 días			
39	Desmoldado traves N1+00	0 68 días	vi 15/02/02	vi 15/02/02	38
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
40	Armado traves N9+75	1 57 días	vi 15/02/02	ju 18/02/02	38,34,29
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
41	Cimbrao traves N9+75	1 37 días	ju 18/02/02	ma 20/02/02	40
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
42	Colado traves N9+75	0 94 días	ma 20/02/02	ju 21/02/02	41
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 0 días			
43	Fraguado traves N9+75	3 días	ju 21/02/02	ju 25/02/02	42
	Identificador: Nombre de la sucesora: Tipo: Posposición:	FC: 3 días			

**Anexo 22**  
Tareas críticas  
Programa de obra acuario

Id	Q	Nombre de tareas	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
44		Descombrado traves N9=75	1.09 días	lu 25/02/02	ma 26/02/02	43
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	43	Muros est N-3=00	FC	0 días		
	54	Muros est N 1=00	FC	0 días		
45		Muros est N-3=00	3 días	ma 26/02/02	vi 01/03/02	44
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	46	Cristal Duo - Vent N-3=00	FC	0 días		
46		Cristal Duo - Vent N-3=00	4 días	vi 01/03/02	mi 06/03/02	45
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	47	Armado losa N1+00/N-3=00	FC	0 días		
47		Armado losa N1+00/N-3=00	2.07 días	mi 06/03/02	vi 08/03/02	46
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	48	Cimbado losa N1+00/N-3=00	FC	0 días		
48		Cimbado losa N1+00/N-3=00	1.8 días	vi 08/03/02	ma 12/03/02	47
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	49	Colado losa N1+00/N-3=00	FC	0 días		
49		Colado losa N1+00/N-3=00	0.99 días	ma 12/03/02	mi 13/03/02	48
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	50	Fraguado losa N1+00/N-3=00	FC	0 días		
50		Fraguado losa N1+00/N-3=00	6 días	mi 13/03/02	mi 20/03/02	49
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	51	Descim losa N1+00/N-3=00	FC	0 días		
51		Descim losa N1+00/N-3=00	1.44 días	mi 20/03/02	vi 22/03/02	50
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	52	Muros super N1=00	FC	0 días		
52		Muros super N1=00	4 días	vi 22/03/02	ju 28/03/02	51
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	53	Cristal super N 1=00	FC	0 días		
53		Cristal super N 1=00	5 días	ju 28/03/02	mi 03/04/02	52
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	54	Muros interiores	FC	0 días		
54		Muros interiores	7 días	mi 03/04/02	vi 12/04/02	55,53
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	55	Canceería interior	FC	0 días		
55		Canceería interior	3 días	vi 12/04/02	ma 16/04/02	58
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	56	Punto precio	FC	0 días		
56		Punto precio	2 días	ma 16/04/02	ju 18/04/02	59
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	57	Limpieza	FC	0 días		
57		Limpieza	3 días	ju 18/04/02	lu 22/04/02	57,60
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	58	Muebles	FC	0 días		
58		Muebles	2 días	lu 22/04/02	mi 24/04/02	61

**Anexo 22**  
**Calculo de holguras libres y totales del acuario**

Actividad	Duración	Predecesor Actividad	Sucesor Actividad	Topi	Topj	Toti	Totj	HL	HT	
1	0 68		2	0	0 68	0	0 68	0 00	0 00	Critico
2	3 29	1	3	0 68	3 97	0 68	3 97	0 00	0 00	Critico
3	2 94	2	4	3 97	6 91	3 97	6 91	0 00	0 00	Critico
4	0 55	3	5	6 91	7 46	6 91	7 46	0 00	0 00	Critico
5	3 16	4	6	7 46	10 62	7 46	10 62	0 00	0 00	Critico
6	3 16	5	7	10 62	13 78	10 62	13 78	0 00	0 00	Critico
7	1 41	6	8	13 78	15 19	13 78	15 19	0 00	0 00	Critico
8	0 56	7	9	15 19	15 75	15 19	15 75	0 00	0 00	Critico
9	3	8	10	15 75	18 75	15 75	18 75	0 00	0 00	Critico
10	0 94	9	11,13	18 75	19 69	18 75	19 69	0 00	0 00	Critico
11	1	10	12	19 69	20 69	20 72	21 72	0 00	1 03	No critico
12	3	11	15,20,25	20 69	23 69	21 72	24 72	0 00	1 03	No critico
13	2 03	10	14	19 69	21 72	19 69	21 72	0 00	0 00	Critico
14	3	13	15,20,25	21 72	24 72	21 72	24 72	0 00	0 00	Critico
15	0 49	12,14	16	24 72	25 21	24 9	25 39	0 00	0 18	No critico
16	0 57	15	17	25 21	25 78	25 39	25 66	0 00	0 18	No critico
17	0 3	16	18	25 78	26 08	25 66	26 26	0 00	0 18	No critico
18	3	17	19	26 08	29 08	26 26	29 26	0 00	0 18	No critico
19	0 46	18	30,35	29 08	29 54	29 26	29 72	0 00	0 18	No critico
20	0 42	12,14	21	24 72	25 14	24 72	25 14	0 00	0 00	Critico
21	0 74	20	22	25 14	25 88	25 14	25 88	0 00	0 00	Critico
22	0 25	21	23	25 88	26 13	25 88	26 13	0 00	0 00	Critico
23	3	22	24	26 13	29 13	26 13	29 13	0 00	0 00	Critico
24	0 59	23	30,35	29 13	29 72	29 13	29 72	0 00	0 00	Critico
25	0 32	12,14	26	24 72	25 04	28 82	30 14	0 00	5 10	No critico
26	1 11	25	27	25 04	28 15	30 14	31 25	0 00	5 10	No critico
27	0 38	26	28	26 15	26 53	31 25	31 63	0 00	5 10	No critico
28	3	27	29	28 53	29 53	31 63	34 63	0 00	5 10	No critico
29	0 88	28	40	29 53	30 41	34 63	35 51	0 00	5 10	No critico
30	0 49	19,24	31	29 72	30 21	30 34	30 83	0 00	0 62	No critico
31	0 85	30	32	30 21	31 06	30 83	31 68	0 00	0 62	No critico
32	0 15	31	33	31 06	31 21	31 68	31 83	0 00	0 62	No critico
33	3	32	34	31 21	34 21	31 83	34 83	0 00	0 62	No critico
34	0 68	33	40	34 21	34 89	34 83	35 51	0 00	0 62	No critico
35	0 97	19,24	36	29 72	30 69	29 72	30 69	0 00	0 00	Critico
36	0 85	35	37	30 69	31 54	30 69	31 54	0 00	0 00	Critico
37	0 29	36	38	31 54	31 83	31 54	31 83	0 00	0 00	Critico
38	3	37	39	31 83	34 83	31 83	34 83	0 00	0 00	Critico
39	0 68	38	40	34 83	35 51	34 83	35 51	0 00	0 00	Critico
40	1 57	29,34,39	41	35 51	37 08	35 51	37 08	0 00	0 00	Critico
41	1 37	40	42	37 08	38 45	37 08	38 45	0 00	0 00	Critico
42	0 94	41	43	38 45	39 39	38 45	39 39	0 00	0 00	Critico
43	3	42	44	39 39	42 39	39 39	42 39	0 00	0 00	Critico
44	1 09	43	45,54	42 39	43 49	42 39	43 48	0 00	0 00	Critico
45	3	44	46	43 48	46 48	43 48	46 48	0 00	0 00	Critico
46	4	45	47	46 48	50 48	46 48	50 48	0 00	0 00	Critico
47	2 07	46	48	50 48	52 55	50 48	52 55	0 00	0 00	Critico
48	1 8	47	49	52 55	54 35	52 55	54 35	0 00	0 00	Critico
49	0 99	48	50	54 35	55 34	54 35	55 34	0 00	0 00	Critico
50	3	49	51	55 34	58 34	55 34	58 34	0 00	0 00	Critico
51	1 44	50	52	58 34	59 78	58 34	59 78	0 00	0 00	Critico
52	4	51	53	59 78	63 78	59 78	63 78	0 00	0 00	Critico
53	5	52	58	63 78	68 78	63 78	68 78	0 00	0 00	Critico
54	3	44	55,56	43 48	46 48	62 78	65 78	0 00	19 30	No critico
55	3	54	58	46 48	49 48	65 78	68 78	0 00	19 30	No critico
56	4	54	57	46 48	50 48	74 78	78 78	0 00	28 30	No critico
57	2	56	61	50 48	52 48	78 78	80 78	0 00	28 30	No critico
58	7	53,55	59	68 78	75 78	88 78	75 78	0 00	0 00	Critico
59	3	58	60	75 78	78 78	75 78	78 78	0 00	0 00	Critico
60	2	59	61	78 78	80 78	78 78	80 78	0 00	0 00	Critico
61	3	57,60	62	80 78	83 78	80 78	83 78	0 00	0 00	Critico
62	2	61		83 78	85 78	83 78	85 78	0 00	0 00	Critico

# BIBLIOGRAFIA.

---

- NIETO ALCALÁ Catalina G. Centro Eco - Turístico en Cozumel Quintana Roo, Tesis profesional, Universidad La Salle, México 2001
- Cuaderno estadístico municipal, Cozumel, Estado de Quintana Roo, editorial: Instituto Nacional de Estadística e Informática, México, 1999, p.p. 149.
- JUÁREZ Badillo, Mecánica de suelos, editorial: Limusa, tomo I, México, 1997, p.p. 642.
- JUÁREZ Badillo, Mecánica de suelos, editorial: Limusa, tomo II, México, 1997, p.p. 642.
- JUÁREZ Badillo, Mecánica de suelos, editorial: Limusa, tomo III, México, 1997, p.p. 642.
- MOLINA PEREZ Eduardo, Estudio geográfico de la Isla de Cozumel Quintana Roo, Tesis profesional Facultad de Filosofía y Letras, México 1970.
- CEEM, Monografía municipal de Cozumel, editorial: CEEM, Quintana Roo, 1987.
- M.I. HAAS MORA HUGO SERGIO, Apuntes del curso de cimentaciones, Facultad de ingeniería, UNAM.
- M.I. HAAS MORA HUGO SERGIO, Apuntes del curso de mecánica de rocas, Facultad de ingeniería, UNAM.
- ING. SANGUINEZ HÉCTOR, Apuntes del curso de cimentaciones, Facultad de ingeniería, UNAM.

- ING. SANGUINEZ HÉCTOR, Apuntes del curso de comportamiento de suelos, Facultad de ingeniería, UNAM.
- DR. GARCÍA ALTAMIRANO, Apuntes del curso de estructuras de pavimentos, Facultad de ingeniería, UNAM.
- ING. COUTTOLENC OSCAR, Apuntes del curso de mecánica de suelos, Facultad de ingeniería, UNAM.
- SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE SUELOS, Manual de diseño y construcción de pilas y pilotes, editorial: SMMS, México, 1989.
- SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE SUELOS, Sexta reunión anual de mecánica de suelos, tomo I, editorial: SMMS, México, 1972.
- SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE SUELOS, Sexta reunión anual de mecánica de suelos, tomo II, editorial: SMMS, México, 1972.
- DDF DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA, Especificaciones generales y técnicas de construcción 11 formas y cimbras para concreto, editorial: DDF, México, 1982.
- DDF DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA, Especificaciones generales y técnicas de construcción 4 excavaciones y formación de terraplenes con sus acarreos, editorial: DDF, México, 1982.
- COATES, Fundamentos de mecánica de rocas, editorial Blume, capítulo VII Cimentaciones, Madrid, 1973.
- HOEK, BROWN, ET, Excavaciones subterráneas en roca, editorial Mc Graw Hill, México, 1985.
- FARMER IW, Engineering properties of rocks, editorial Barnes and Noble Inc. London, 1968

- PECK, Hanson, Ingeniería de cimentaciones, editorial Limusa, México 1991.
- CRIMMINS, Robert, Trabajos de construcción en roca, México 1978.
- Manual de diseño de obras civiles, editorial CFE, tomo b.3.3 Cimentaciones, México 1981.
- Manual de diseño de obras civiles, editorial CFE, tomo b.1.2 Geotecnia, México 1981.