



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

COMPARATIVA TÉCNICO-ECONÓMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO CONTRA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES DE LA ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniera Civil

Presenta:

Andrea González Barragán

Asesor:

Ing. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 27 de Abril del 2016.



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.

Agradecimientos.

Agradezco principalmente a Dios nuestro Señor, que me ha dado la oportunidad de seguir con vida, las fuerzas para no darme por vencida para terminar mi carrera.

Agradezco a mis papás, Ildefonso González Ríos y Yolanda Barragán Belmonte, quienes me dieron todo su apoyo incondicional, moral y económico; porque creyeron en mí y así conseguir terminar con la carrera de Ingeniería Civil.

Agradezco a cada uno de mis maestros que me han compartido sus conocimientos para cumplir con cada una de las etapas de la carrera, así como para empezar a realizar esta investigación.

Finalmente, agradezco a mis asesores externos, el Ingeniero Alan Daniel Maldonado Ramos, por facilitarme el equipo de laboratorios y sus conocimientos previos para llevar a cabo esta investigación, así como la Ingeniera Olivia V. Martínez Najjar por el apoyo para llevar paso a paso esta investigación, así como amigos, en especial a Salvador Godoy, Alexis Israel Cervantes que me apoyaron directamente al realizar mis experimentos para lograr los resultados finales a la investigación y a mi amigo Arturo Chávez que me apoyó con el presupuesto.

1.5. Esfuerzos de un pavimento rígido.	26
1.6. Fallas en pavimentos rígidos.	27
Capítulo 2.- Pavimento de concreto compactado con rodillo (CCR).	29
2.1 Pavimento flexible.	29
2.2. ¿Qué es un concreto compactado con rodillo, (CCR)?	31
2.2.1. Historia del desarrollo del concreto compactado con rodillo.	32
2.3. ¿Cómo trabaja el CCR?.	35
2.3.1. Ventajas del CCR.	36
2.4. Aplicaciones.	36
2.5.- Dosificación del concreto compactado con rodillo.	40
2.6.- Propiedades.	42
2.6.1.- General.	44
2.6.2.- Propiedades del concreto endurecido.	45
2.6.2.1.- Resistencia.	45
2.6.2.2.- Propiedades elásticas.	49
2.6.2.3.- Propiedades térmicas.	52

2.6.2.4.- Permeabilidad.	52
2.6.2.5.- Cambio de volumen.	53
2.6.2.6.- Durabilidad.	54
2.6.2.7.- Peso unitario.	54
2.6.2.8.- Comportamiento frente a la fatiga.	55
2.6.3.- Adherencia entre capas.	55
2.6.4.- Contracción.. . . .	56
2.7.- Diseño de la mezcla del CCR.	56
2.8.- Materiales.	58
2.8.1.- Agregados.	58
2.8.2.- Puzolanas.	59
2.8.3.- Ceniza volátil.	59
2.8.4.- Aditivos.	60
2.9.- Conceptos básicos para el diseño de pavimentos de CCR.	60
2.9.1.- Diseño de juntas de CCR.	61
2.9.2.- Consideraciones de diseño.	62
2.9.3.- Consideraciones de tráfico.	63

2.9.4.- Características de las capas.	64
2.9.5.- Espesores recomendables del CCR de acuerdo al tránsito vehicular.	64
2.10.- Colocación.	65
2.11.- Compactación.	66
2.12.- Curado.	67
2.12.1.- Control de calidad de la colocación.	67
Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y micro localización.	69
3.1.- Generalidades.	69
3.1.1. Objetivo.	69
3.1.2. Alcance del proyecto.	70
3.2. Resumen ejecutivo.	71
3.3. Entorno geográfico.	71
3.3.1. Macro y microlocalización.	72
3.3.2. Características del suelo de la zona de estudio.	77
3.3.3 Hidrografía.	79
3.3.4 Geotecnia.	80

3.3.5. Clima.	80
3.4. Informe fotográfico de la investigación.	81
Capítulo 4.- Metodología.	86
4.1. Método empleado.	86
4.1.1. Método matemático.	87
4.2. Enfoque de la investigación.	88
4.2.1. Alcance de la investigación.	90
4.3. Diseño de la investigación.	91
4.4. Instrumentos de recopilación de información.	93
5. Cálculo análisis e interpretación de resultados..	94
5.1. Prueba de calidad del material.	94
5.2. Proporción de la mezcla.	99
5.3. Pruebas del concreto hidráulico convencional.	100
5.4. Pruebas del concreto compactado con rodillo.	104
5.5.- Presupuesto de Pavimento con concreto convencional a 110mts.	112

5.6.- Presupuesto de Pavimento con concreto compactado con rodillo a 110mts.

. 115

Conclusiones. 119

Bibliografía 122

Anexos

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

En la presente investigación se expondrá un panorama general de la secuencia a desarrollar para el impulso y utilización de la tecnología del concreto compactado con rodillo (alto contenido de pasta), en estructuras de pavimento para vialidades.

“El CCR, concreto compactado con rodillo puede ser definido como un concreto especial que es compactado con un rodillo vibratorio. Este concreto es más que un nuevo material; es un nuevo método de construcción con el cual se obtienen beneficios específicos. Dentro de sus características principales podemos encontrar una mayor resistencia en sus propiedades mecánicas con una presencia menor de cemento y además el beneficio de poder instalar grandes volúmenes en un periodo de tiempo corto. En él, los agregados juegan un papel importante en los costos ya que deberán de considerarse agregados que estén cerca de la zona que cumplan las exigencias, que minimicen los vacíos en la mezcla y por lo tanto, la cantidad de mezcla (cemento, puzolanas y agua) necesaria para alcanzar las exigencias a compresión.” (www.imcyc.com, 2009)

De acuerdo con el artículo presentado por el Ing. Jorge Solano Jiménez (www.lanamme.ucr.ac.cr), la técnica de construcción de los pavimentos con el concreto compactado con rodillo no es una nueva técnica, por lo que se dice que el primer pavimento construido con este concreto fue en 1865 en Escocia, la cual se compactó con rodillos, pues antes aún no se había dado el desarrollo de la técnica de vibración.

La creciente necesidad de movilidad entre las ciudades ha hecho necesario la creación de nueva infraestructura de transporte y vialidades, que sea lo suficientemente eficaz para hacer que los traslados entre comunidades se realicen en el menor tiempo posible, con mayor accesibilidad y con la seguridad suficiente para realizar los viajes.

La infraestructura de vialidades se ha ido transformando con el paso de los años siendo actualmente el uso de carpeta asfáltica y concreto hidráulico; las principales tecnologías utilizadas para la construcción de pavimento para ampliar y hacer la conexión con el concreto compactado con rodillo.

A partir del conocimiento que se tiene en la aplicación de la tecnología del concreto compactado con rodillo en la construcción de presas, se puede destacar que las propiedades que se pueden conseguir de este tipo de concreto, son tales que se considera posible su utilización como capa de pavimento final.

Como antecedentes importantes del CCR, se sabe que uno de los elementos de gran importancia para optimizar una mezcla de Concreto Compactado con Rodillo, está en los agregados (gravas, arenas y contenidos de fino en poca proporción), por lo que para la investigación resulta prioritario un estudio detallado de las propiedades físicas de los agregados que son posibles conseguir en la región.

Planteamiento del problema.

La presente tesis se encuadra en el marco de la investigación desarrollada en un proyecto de la utilización del concreto compactado con rodillo en la zona oriente de la ciudad de Uruapan. Es una zona donde se encuentra población con bajos recursos y es una zona de suelo de muy vulnerable a la deformación, lo que provoca inundaciones en tiempo de lluvias y dificulta el tránsito en esas calles. Por eso se propone el uso de este concreto mencionado anteriormente a fin de pavimentar esa zona con menor costo que el convencional; si es viable este material, en un futuro se podrá utilizar en cualquier otro lugar.

Por lo tanto, si es factible este concreto compactado con rodillo, ¿Se podrá utilizar este concreto en todas las calles de Uruapan, Michoacán?

Objetivos.

La presente investigación tiene como objetivo hacer un estudio completo de una mezcla de concreto compactado con rodillo, teniendo en cuenta los materiales disponibles de la zona en estudio, para la cual se harán las pruebas suficientes para determinar una mezcla óptima de CCR.

Asimismo, en el conjunto de esta investigación, se deberá realizar un análisis económico, para determinar qué tan barato puede ser la tecnología del concreto compactado con rodillo contra el concreto hidráulico convencional.

Objetivo General.

El objetivo general de esta investigación es el de conseguir que la composición de CCR es lo suficientemente competente para ser funcional ante las condiciones de servicio, dependiendo el tipo de vialidad, y que adicionalmente sea de un costo más económico que las tecnologías actuales utilizadas para la pavimentación.

Cabe mencionar que en la Universidad Don Vasco A.C., no existe ninguna tesis relacionada con este tema; sin embargo, se hará la investigación con los datos obtenidos de la tesis realizada en el año 2014 que lleva por título: “Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán.”

Objetivos Particulares.

- Funcionamiento del concreto hidráulico rígido.
- Funcionamiento del concreto compactado con rodillo.
- Dar a conocer la técnica del concreto compactado con rodillo.
- Factibilidad entre el concreto convencional y el concreto compactado con rodillo.
- Relación económica entre ambos concretos.
- Ayudar a las colonias de bajos recursos económicos y que están en una zona de baja capacidad de carga del suelo.

Pregunta de investigación

Para entender con mayor claridad lo que se pretende llegar con la siguiente investigación sobre el concreto hidráulico y el concreto compactado con rodillo, se tomará en cuenta la siguiente pregunta principal y una serie de preguntas secundarias.

¿Qué ventajas tiene el concreto compactado con rodillo frente al concreto hidráulico?

Preguntas secundarias.

¿Qué es un pavimento rígido?

¿De qué materiales se compone el concreto compactado con rodillo?

¿Cómo se diseña un pavimento de concreto compactado con rodillo?

¿Cuáles son los principales usos del concreto compactado con rodillo?

¿Es factible económicamente el uso de CCR para un pavimento?

¿La resistencia del CCR es factible?

Justificación.

Como ya se sabe, dentro de las vías terrestres, llevar un proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico convencional resulta a un costo muy elevado por lo que a veces es imposible pavimentar. Por ese motivo se propone este nuevo concreto compactado con rodillo, que en sí no es nada nuevo, porque anteriormente se ha utilizado para la cortina de las presas hidroeléctricas, para acceso a industrias, aeropuertos, etcétera. Sin embargo, ya se ha utilizado para la pavimentación de calles e incluso de carreteras, en otros países. Actualmente en México se ha utilizado para las carreteras de Querétaro – México y Monterrey – México.

Marco de referencia.

En el marco de referencia de este proyecto de pavimentación con el concreto compactado con rodillo se utilizará para pavimentar una de las calles para comparar con otra de las calles ya pavimentadas con el concreto hidráulico rígido en su forma y técnica de colocación, así como el presupuesto al realizar esta obra, por lo tanto por ese motivo se realizará ésta comparación en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, porque ya existen pavimentos rígidos en esa zona.

Esta zona tendrá un mejoramiento, como beneficio para los habitantes de las colonias que la conforman; también se tendrán mejores accesos al Hospital General Regional de Uruapan Dr. Pedro Daniel Martínez, al cual muchas personas acuden.

CAPÍTULO 1

PAVIMENTO RÍGIDO

Dice la Secretaría de Obras Públicas, 1975, que un pavimento es la capa o el conjunto de capas de materiales indicados para su construcción; éstas son comprendidas entre el nivel superior de la terracería hasta la superficie de rodamiento, la cual debe cumplir con las condiciones correctas como la resistencia ante el paso del tránsito, así como el intemperismo y cualquiera de otros agentes que intervengan ante él.

A diferencia de la estructura de los pavimentos flexibles, los rígidos tienen otra consistencia. Como lo dice su nombre, son rígidos y su comportamiento es diferente ante las condiciones del medio ambiente y su proceso de construcción es totalmente diferente.

1.1.- Definición y clasificación de un pavimento.

Se le puede definir en forma técnica en la ingeniería civil como la superestructura de la obra vial, el cual hace posible el tránsito vehicular con una seguridad y una economía previstas en el proyecto. Los elementos que lo conforman dan una gran variedad de posibilidades, de tal manera que puede estar formado por varias capas, que pueden ser de materiales naturales seleccionados sometidos a diversos tratamientos.

Por otro lado, Sánchez Sabogal (1984), menciona que estas capas que proporcionan el rodamiento vehicular se clasifican en dos tipos de pavimento: los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos.

Los pavimentos que son flexibles “es que su capa de rodadura está constituida por una carpeta asfáltica apoyada sobre una capa o conjunto de capas de materiales pétreos seleccionados y adecuadamente compactados.” (Sánchez Sabogal, 1984: 4).

Los otros pavimentos, los rígidos, son aquellos que se constituyen por losas de concreto hidráulico que van colocadas sobre la capa de la sub-rasante o sub-base la cual menciona Sánchez Sabogal, (1984).

1.2.- Definición de un pavimento rígido.

Menciona Del Castillo, que este pavimento tiene como el elemento estructural más importante una losa de concreto, la cual se apoya en una capa de material seleccionado y se le da el nombre de sub-base, que se vacía sobre la sub-rasante. Esta otra capa está colocada sobre el terreno natural y su calidad es mejor que la de la sub-base. Cuando las dos capas pasen las pruebas de compactación y otras pruebas del laboratorio, se vacía la capa del concreto o losas de concreto.

Los concretos utilizados para los pavimentos suelen ser de resistencia alta entre los 200kg/cm² y los 400kg/cm², esto va depender también del tipo y cantidad de vehículos que va pasar por este pavimento.

Por otro lado Olivera, (1991), define al pavimento rígido como una estructura en la que se conforma por losas de concreto hidráulico, cuyas propiedades son el ser pétreo artificial, que se elabora mezclando parte de agua y cemento portland, con agregados de arena y grava, proporcionadas en un banco seleccionado que puedan producir la resistencia y la densidad deseadas. La cantidad de estos agregados, así como del agua, varía porque esta cantidad dará una resistencia que el proyectista deseé que tenga esta superficie de rodamiento.

1.3.- Características de un pavimento rígido.

Para un pavimento rígido, también dice Salazar, es necesario tomar en cuenta cuatro parámetros muy importantes para su diseño los cuales se menciona a continuación:

- El tránsito vehicular.
- La resistencia del concreto.
- Las características del terreno de apoyo o terreno natural.
- Costo

Cuando se desea diseñar un pavimento se considera siempre representar las condiciones del apoyo lo más razonable posible; se tendrá en cuenta principalmente lo que servirá de apoyo para la losa de concreto, estos apoyos son la capa del terreno natural y la capa de sub-base, las cuales tendrán una representación de una reacción que combina preparadas y compactadas.

La vida útil de un pavimento rígido, menciona Salazar (1984), es un parámetro que es obligado realizar, y consiste básicamente en la noción del servicio de la superficie de rodamiento que debe prestar al paso de los vehículos en un determinado tiempo, durante el cual ésta superficie debe ofrecer seguridad y ser cómoda.

La vida útil de estas vialidades se estima en unos 20 años aproximadamente o también tiempos más prolongados. Por otro lado, en el costo de la vida útil del pavimento rígido se toman en cuenta los costos inherentes a cada una de las opciones del pavimento y el costo/beneficio en diferentes etapas de la vida total del proyecto.

Para determinar el tránsito, de preferencia es necesario calcularlo mediante los aforos vehiculares para conocer la distribución de las cargas por cada eje y poder calcular de forma más correcta el número de ejes estándares que van a circular por la vialidad en la vida útil de este pavimento.

“La resistencia de proyecto será establecido de acuerdo con la importancia de obra, el volumen por producir, el equipo disponible del productor, la capacidad técnica del contratista y la calidad de agregados y cemento”. (Salazar Rodríguez, 1998: capítulo 6, 1).

El analista debe considerar siempre una alternativa de pavimentación rígida que tiene que ver con su espesor dependiendo el incremento substancial del tránsito.

Las características de estos pavimentos rígidos dependen de varios factores o consistencias, las cuales son los agregados que conforman el concreto de la capa

superior o capa de rodamiento, pero la buena resistencia de esta capa también depende de las capas inferiores a ella en la que se toman especificaciones que las normas indican.

Asimismo, se menciona de acuerdo con Salazar (1984), que es muy importante poner en cada proyecto coeficientes de variación para las mezclas que se van aplicar en el lugar de trabajo, por las fracciones defectuosas o así también al utilizar pre-mezcladoras del lugar, por lo que es necesario crear resistencias establecidas.

Para conocer las resistencias del concreto que se utilizará en la losa del pavimento, se realizan pruebas en el laboratorio que consisten en la fabricación y ensayos de cilindros, estas resistencias son a la compresión. A continuación se muestra en la tabla 1.1, donde Salazar señala unas resistencias aproximadas en función del tipo de agregados.

Resistencia aproximadas en función al tipo de agregados			
Resistencia a la flexión de diseño kg/cm ²	Resistencia a la compresión kg/cm ²		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
30	230	250	300
32	246	266	320
34	260	283	340
36	277	300	360
38	292	317	380
40	307	333	400
42	323	350	420
44	338	366	440
46	353	383	460

Tabla 1.1.- Resistencia aproximada en función al tipo de agregados.
Fuente: Capítulo 6: 3, Salazar Rodríguez Aurelio, 1984

Tipo 1.- Plantas con buen nivel de producción, con más del 50% de material producto de trituración.

Tipo 2.- Control de calidad y de producción en planta, de regular a bueno, con agregados compuestos por mezclas de partículas angulosas y redondeadas.

Tipo 3.- Nivel de producción de pobre a regular y agregados de partículas de origen aluvial.

1.4. Componentes de un pavimento rígido.

Para poder construir un pavimento rígido, es decir, de losas de concreto ya sea simple o reforzado, se tiene que realizar dos capas por debajo de la capa de rodamiento las cuales son: la sub-rasante y la sub-base que conforme a las normativas de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), se deben seguir para poder tender la siguiente capa correspondiente. A continuación se muestra una imagen en la que se representan las capas del pavimento.

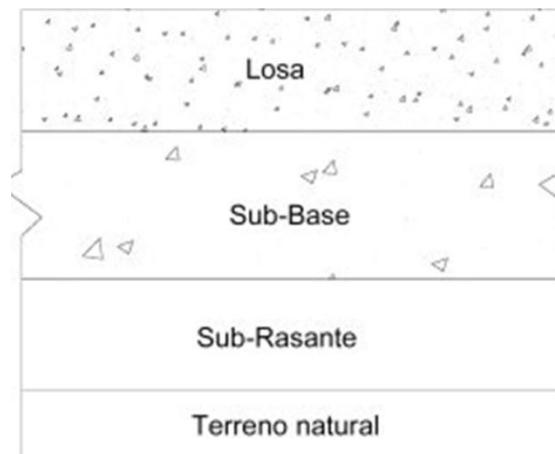


Imagen 1.1.- Capas del Pavimento Rígido.

Fuente: Propia, AUTOCAD

La sub-rasante, es la primera capa que constituye el pavimento rígido, que es el terreno natural donde se desea realizar la construcción del camino también conocida como terracería.

Según el Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A.C. (1981), para la preparación de esta etapa se incluye el afinamiento y nivelación de ésta capa como son la limpieza y desyerbe, la remoción de estructuras y las obstrucciones, cortes y terraplenes.

Por lo tanto, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), en su libro N-CMT-1-03/02 “Materiales para terracería” 03 materiales para subrasante, dice que para la capa sub-rasante son los suelos naturales seleccionados así como los que son cribados, estos materiales son resultado de los cortes, o ya sea de la extracción de un banco de materiales. Para complementar lo anterior, en el manual de la SCT., menciona que se deben realizar un muestreo para que cumplan con los requisitos de calidad para esta capa, que ya se ha mencionado anteriormente.

“El muestreo consiste en obtener una porción representativa del material con el que se pretende construir una terracería o bien, del material que ya forma parte de la misma. El muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras, las que se clasifican como sigue:

- Muestras cúbicas inalteradas.- Son aquellas en las que se conserva la estructura y el contenido de agua natural del suelo en el lugar donde se toma la muestra.

- Muestras representativas.- Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que se toman precauciones especiales para conservar el contenido de agua envasándolas en bolsas de plástico para conservar propiedades.
- Muestras integrales.- Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado de diversos estratos, en las que quedan representados cada uno de los diferentes materiales en la proporción en la que participan.” (Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, en su libro M-MM-P-1-01/03 “Suelos y materiales para terracerías” 01 Muestreo de materiales para terracerías: 1 de 11).

A partir de los requisitos de muestreo que se necesitan en la sub-rasante o terracería es necesario tomar en cuenta los requisitos de calidad que las mismas normas de la Secretaría de Comunicaciones y transportes mencionan en su libro N-CMT-1-03/02, “Materiales para terracerías” 03 Materiales para sub-rasante apartado D; menciona que los materiales que se utilizarán en la formación de la capa sub-rasante dependerán de la función de sus características y de la intensidad del tránsito que se espera en los términos del número de ejes de 8,2 toneladas que se acumulan en la vida útil del presente pavimento a utilizar y que cumplirán en los incisos que se indicaran a continuación, pero en determinado caso de que no se cumplieran, y existiera un estudio que ha sido aprobado por la Secretaria, que justifique el empleo de otros materiales, pero se especifica claramente que no se utilizarán materiales altamente orgánicos.

Para el primer apartado, se dice que si la intensidad del tránsito es igual a un millón de ejes equivalentes o menor a esa cantidad, el material tendrá que cumplir con las características granulométricas con los requisitos mencionados en la tabla 2, como se dice en la Norma, y su espesor como mínimo debe tener veinte centímetros.

En el segundo caso, dice que si la intensidad del tránsito es de un millón a diez millones de ejes equivalentes, el material el cual cumplirá con los requisitos de calidad de la tabla 1.2, como en el primer caso, pero el espesor será de treinta centímetros.

Para el tercer caso, menciona que si la intensidad del tránsito es mayor de diez millones de ejes equivalentes, la capa de la sub-rasante o terracería será motivo de diseño especial.

Y por último, si la capa sub-rasante se coloca sobre el terreno de cimentación del cual su espesor es menor al señalado en las fracciones 1 y 2 de esta norma; también si el terreno de cimentación no cumple con los requisitos de la tabla 2, se excavará una caja de una profundidad necesaria para completar el espesor mínimo.

Característica	Valor
Tamaño máximo ; mm	76
Limite Líquido; % máximo	40
Índice Plástico; % máximo	12
Valor de Soporte de California (CBR)*; % mínimo	20
Expansión máxima; %	12
Grado de compactación **; %	100 ± 2
* En especificaciones compactadas dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta tabla, con un contenido de agua igual a del material en el banco a 1.5m de profundidad.	
** Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASTHO estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.	

Tabla 1.2.- Requisitos de calidad de materiales para capa de sub-rasante
Fuente.- Normas SCT: N-CMT-1-03/02

En el apartado E de la presente norma N-MMP-1-03/02, se refiere al transporte y almacenamiento de materiales para la capa que se ha mencionado anteriormente que consiste en dos apartados importantes, el primer caso se refieren a que cuando el material sea producto de los cortes, se podrá transportar utilizando los tractores y en el segundo se refiere que cuando el material para esta capa sea extraído de un banco y sea necesario almacenarlo para después utilizarlo, se debe tener bastante precaución tanto en su transporte como en su almacenamiento, porque se podría causar una alteración en sus características; el cual debe de atender las siguientes características:

- 1) El material requerido se colocará en un sitio específicamente destinado para el propósito deseado, si en dicho caso no se cumpliera, se tiene que remover la materia vegetal y limpiar la superficie y nivelar compactando la superficie, dejando una sección transversal uniforme que permita un drenaje.

- 2) Los materiales que están constituidos por partículas de diferentes tamaños los que se almacenan en un depósito, estos tienden a segregarse, por lo que es necesario que al cargar el material, de la parte baja del depósito para llevarlo al lugar del trabajo.

- 3) Los materiales que se transportarán frente al trabajo debe de ser en vehículos con cajas cerradas o protegidas con lonas. El motivo es para impedir la contaminación del entorno y que llegaran a derramar.

Ahora bien, la siguiente capa que se coloca sobre la capa sub-rasante, donde irán apoyadas las losas de concreto hidráulico, se denomina como la sub-base. Esta sub-base se empezó a colocar a fines de la Segunda Guerra Mundial porque menciona Del Castillo, (1993), que antes no se ocupaba esta capa, es decir que las losas de concreto se colocaban directamente sobre la capa de la sub-rasante.

Tiempo después fue necesario incluir un apoyo adecuado en la vida de las losas de concreto hidráulico, ya que incrementó el paso vehicular, así como comenzaron a transitar vehículos muy pesados sobre las carreteras como también iniciaron en los aeropuertos a aterrizar aviones más grandes. A partir de este

acontecimiento, en la actualidad se estableció como norma la construcción de esta capa sub-base para todo tipo de carretera, vialidad y aeropuerto que consiste en una o varias capas de material granular, muchas veces estabilizadas.

“Las principales funciones de la sub-base de un pavimento rígido son las siguientes:

1. Proporcionar apoyo uniforme a la losa de concreto.
2. Incrementar la capacidad portante de los suelos de apoyo, respecto a la que es común en las terracerías y capa sub-rasante.
3. Reducir a un mínimo las consecuencias de los cambios de volumen que puedan tener un lugar en el suelo que formen las terracerías.
4. Reducir a un mínimo las consecuencias de la congelación en los suelos de las terracerías.
5. Evitar el bombeo.” (Del Castillo, 1993:206).

Así mismo, Del castillo (1993), define la sub-base como un material granular perfectamente compactado relativamente grueso y la granulometría normalmente uniforme; en caso de que no se contara con este tipo de material, se considera un material de peor calidad el cual debe estabilizarse con cemento. El cemento mejora el comportamiento del material de mala calidad principalmente con el bombeo y susceptibilidad a los cambios volumétricos, así como también conformar una superficie de apoyo sin accidentes y garantizar una buena resistencia.

Por otro lado, las normativas de la SCT con su libro N-CMT-4-02-002/11 define la capa de la sub-base como materiales granulares que se colocan sobre la

sub-rasante para así formar una capa de apoyo para la carpeta de rodadura elaborada de concreto hidráulico.

Los materiales normalmente utilizados para esta capa de apoyo, se indica en esta normativa de la SCT mencionada anteriormente, pueden ser de 5 tipos, los que se mencionan a continuación.

- Los materiales cribados.- Estos materiales son las gravas, arenas y limos, como también las rocas fragmentadas mediante la maquinaria para hacerlos utilizables. Este proceso mecánico se realiza con un equipo adecuado para quitar las partículas mayores y lograr el tamaño máximo del agregado establecido en la misma norma y así mismo satisfacer la composición granulométrica.
- Los materiales parcialmente triturados.- Estos materiales son poco o nada cohesivos, como son las mezclas de gravas, arenas y limos. Los que son disgregados y para hacerlos utilizables es necesario tener un tratamiento de trituración parcial y cribado para obtener el tamaño establecido en esta Norma y que satisfagan la composición granulométrica.
- Materiales totalmente triturados.- Son aquellos materiales extraídos de un banco que requieren de un tratamiento mecánico de trituración total y cribado con un equipo especial para satisfacer su composición granulométrica.

- Materiales mezclados.- Estos materiales se obtienen por una mezcla de dos o más de los materiales que se mencionaron anteriormente en unas proporciones necesarias cumpliendo así la calidad establecida en esta misma Norma.
- En cada uno de los casos para la elección de los tratamientos que más sea conveniente, corresponderá al contratista de la presente obra, el cual se asegurará de que se cumplan los requisitos de esta Norma.

En el apartado D de la presente norma, se refiere a la calidad para las bases de pavimentos asfálticos así como de los pavimentos de concreto hidráulico. Esta calidad del material cribado de los incisos mencionados anteriormente, cualquiera que sea empleado en la construcción de las bases del pavimento cumplirá con los requisitos que se les enlistarán enseguida.

- “El material para la base hidráulica será de cien por ciento producto de la trituración de roca sana, cuando el tránsito esperado durante la vida útil del pavimento sea mayor de diez millones de ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas; cuando este tránsito sea de uno a diez millones, el material contendrá como mínimo setenta y cinco por ciento de partículas producto de la trituración de roca sana y si dicho tránsito es menor a un millón, el material contendrá como mínimo cincuenta por ciento de esas partículas.

- Cuando inmediatamente después de la construcción de la base se coloque una carpeta de concreto hidráulico, el material para la base tendrá las características granulométricas que establecen en la Tabla 1.3 y en la figura 1.1, con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 3.1 de esta Norma.” (Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su libro N-CMT-4-02-002/11 “Características de los materiales” 4 Materiales para pavimentos, 02 materiales para subbases y bases: 3 de 11).

Malla		Porcentaje que pasa
Abertura mm	Designación	
37,5	1 1/2"	100
25	1"	70-100
19	3/4"	60-100
9,5	3/8"	40-100
4,75	Nº 4	30-80
2	Nº 10	21-60
0,85	Nº 20	13-44
0,425	Nº 40	8-31
0,25	Nº 60	5-23
0,15	Nº 100	3-17
0,075	Nº 200	0-10

Tabla 1.3.- Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico.

Fuente: Normas SCT: N-CMT-4-02-002/11pág. 3/11

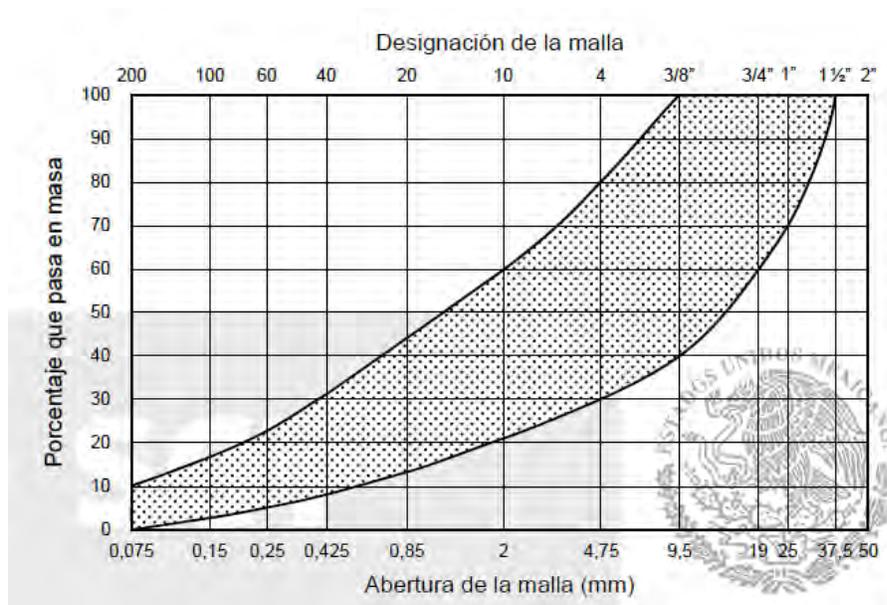


Figura 1.1.- Zona granulométrica recomendable los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico.

Fuente: Normas SCT: N-CMT-4-02-002/11 pag. 4/11

Característica	Valor %
Límite Líquido ^[1] , máximo	25
Límite Plástico ^[1] , máximo	6
Equivalente de arena, mínimo ^[1]	40
Valor soporte de California (CBR), mínimo ^[1,2]	80
Desgaste Los Ángeles, máximo	35
Párculas alargadas y lajeadas, máximo	40
Grado de compactación [1,3], mínimo	100

[1] Determinado mediante el procedimiento de prueba corresponda, de los manuales que se señalan en la cláusula C. de esta norma.

[2] con el grado de compactación de esta tabla.

[3] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO modificada, salvo que el proyecto o la secretaría, indique otra cosa.

Tabla 3.1 Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico.

Fuente: Norma SCT: N-CMT-4-02-002/11pág. 4/11

1.4.1 Componentes de la losa de concreto hidráulico.

Componentes de un pavimento rígido, en este apartado se referirá a cómo es fabricado este pavimento, es decir las losas de concreto que lo conforman. Los principales componentes del concreto hidráulico son el cemento portland, agregados y el agua.

“El cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto. Esta definición comprende una gran variedad de materiales cementantes. (Neville, 1999: 1).

Menciona Neville (1999), los cementos que se van a utilizar en la fabricación del concreto, tienen una propiedad que se refiere al fraguar y ser endurecido bajo el agua o sumergidos en agua, por lo que por esta propiedad son considerados como concretos hidráulicos.

La ventaja de usar los agregados para la mezcla del concreto, no sólo es por ser más económico que el cemento, sino también proporcionan al concreto la ventaja técnica, al darle una estabilidad volumétrica y una mayor durabilidad, dice Neville, (1999).

1.4.2. Losas de concreto simple vibrado.

En la actualidad, los pavimentos de concreto simple vibrado son los más empleados. “La vibración se debe aplicar uniformemente a toda la masa de concreto

ya que de otra manera algunas partes de la misma no se compactarían adecuadamente, mientras que otras se podrían segregar a causa de vibración excesiva. Sin embargo, con una mezcla suficientemente rígida y de buena granulometría, se pueden eliminar ampliamente los efectos dañinos de una vibración excesiva. (M. Neville; 1999: 157).

Las losas se dividen en juntas longitudinales y transversales, esto con la finalidad de tener como resultados elementos cuadrado cumpliendo así la relación largo/ancho que es entre 1.0 y 1.4 y obteniéndose una mejor distribución de las cargas a las que se somete. Por lo general, la separación entre juntas a la que debe de estar varía normalmente entre los cuatro y seis metros.

1.4.3. Losas de concreto reforzado.

Cuando se aplica una fuerza en el concreto existirán fuerzas de compresión, de tensión y de cortante actuando sobre él. El concreto naturalmente resiste de manera buena el aplastamiento (compresión) y en el estiramiento (tensión) es todo lo contrario ya que es débil. El refuerzo ayuda al concreto a resistir fuerzas de tensión y de cortante, así como a controlar el agrietamiento en el concreto.

Las losas de concreto reforzado llevan en su estructura interna un refuerzo a base de malla electrosoldada o varilla corrugada, teniendo una posición precisa en el tercio superior de la losa. Las varillas sueltas normalmente son corrugadas, mientras que la malla puede ser de varillas corrugadas o lisas. Los diámetros típicos de las

varillas son del No. 3, 4, 5, 6 y 8. En la tabla 4, se muestra los diferentes tamaños, tanto de varilla de refuerzo y malla electrosoldada.

VARILLA DE REFUERZO				
Números de designación, Callbre, Diámetro y Peso de las varillas de refuerzo				
Número	Callbre (pulg.)	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	
2	1/4	0.67	0.25	
2.5	5/16	7.90	0.388	
3	3/8	9.50	0.560	
4	1/2	12.70	0.994	
5	5/8	15.90	1.552	
6	3/4	19.10	2.235	
8	1	25.40	3.973	
10	1 1/4	31.80	6.225	
12	1 1/2	38.10	8.938	

El número de designación de las varillas corresponde a los octavos de pulgada del diámetro nominal

MALLA ELECTROSOLDADA				
Diseño	Alambre		Malla	
	Diámetro (mm)	Area cm ²	Area de acero (cm ²)	Peso (kg/m ²)
6x6-2x2	6-6.7	0.35	2.29	3.62
6x6-4/4	5.72	0.26	1.68	2.67
6x6-6/6	4.88	0.19	1.22	1.93
6x6-8/8	4.11	0.13	0.87	1.37
6x6-10/10	3.43	0.09	0.60	0.95
8x8-8/8	4.12	0.13	0.65	1.02
10/10-10/10	3.43	0.09	0.45	0.57

Método para designar el tipo de malla, ejemplo:
 6x6 (Espaciamiento de los alambres longitudinales y transversales)
 2x2 (Número del alambre o la varilla longitudinal y transversal)

Tabla 1.4.- Especificaciones de varilla de refuerzo y malla electrosoldada.
 Fuente: Mexicano del cemento y del concreto (IMCYC); (2002), cap17 pág. 83

Con el fin de ayudar a controlar el ancho de las grietas o su localización (en las juntas), debe existir una alta adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto, permitiendo así que las fuerzas de tensión a las que estará sometido en concreto sean transferidas al refuerzo.

Para lograr una alta adherencia, IMCYC (Concreto reforzado); 2002 menciona los siguientes puntos:

- El refuerzo debe entrar libre de herrumbre en forma de escamas, mugre o grasas.
- El concreto debe estar compactado de una manera apropiada alrededor de las varillas de refuerzo.
- Tanto las varillas de refuerzo como las mallas deben estar localizadas de modo que haya suficiente espacio entre las varillas para colar y compactar el concreto.

Para obtener una mejor transferencia de fuerzas de tensión al acero, el refuerzo está anclado por doblez, ganchos y el traslape de varillas.

“La cantidad de acero en este tipo de losas es proporcional a la longitud de las losas siendo por lo general de 2 a 3 kg/cm² para losas con dimensiones de 8 a 15 metros de largo.” (IMCYC: 2002: I-6).

1.5. Esfuerzos de un pavimento rígido.

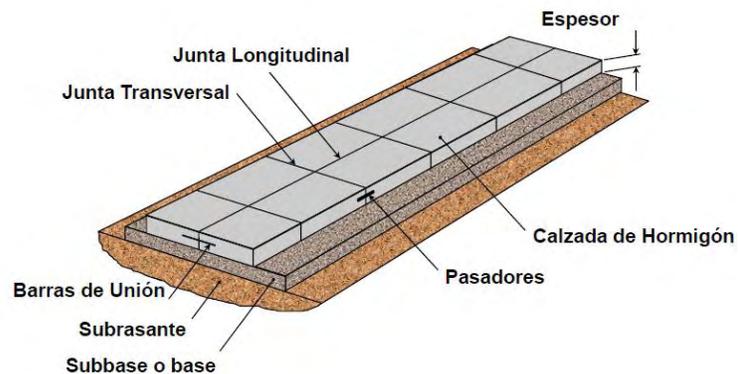
Los esfuerzos que se generan en los pavimentos rígidos pueden ser ocasionados por las siguientes causas:

- a) Por la aplicación de carga externa.
- b) Por los cambios de la temperatura ambiente, que ocasiona alabeo.

- c) Por deficiencias en el contenido de humedad de la parte superior en inferior de la losa, ocasionando igual que el anteriormente mencionado alabeo.
- d) Por la fricción que se desarrolla entre la losa y la capa de sedimentación cuando la primera cambia de volumen.
- e) Por los cambios volumétricos de la sub-rasante debido a la humedad o heladas.
- f) Por la falta de continuidad del material de la capa de cimentación a causa de las deformaciones permanentes de la sub-rasante o el fenómeno de bombeo.

1.6. Fallas en pavimentos rígidos.

En la siguiente imagen se muestra los componentes principales del sistema del pavimento rígido, que son importantes para evitar las fallas más comunes en él.



Fuente: Diseño y construcción de pavimentos de hormigón.
 Ing. Diego H. Calo, coordinador
 Departamento técnico de pavimentos.

Las fisuras que existen en el pavimento rígido pueden ser de forma transversal o longitudinal al eje de la pavimentación, las causas que lo causan según en el artículo presentado por el ingeniero Diego H. Calo, son las siguientes:

- Fisuración por fatiga: es causada por la insuficiencia del espesor de la calzada insuficiente y/o la separación de las juntas es excesiva.
- Reflexión de juntas o fisuras de capas inferiores o losas contiguas.
- Pérdida de soporte por erosión.
- Asentamientos diferenciales.

Las juntas transversales del concreto convencional se encuentran a cada 3 a 4.5 metros como se muestra en la siguiente imagen.

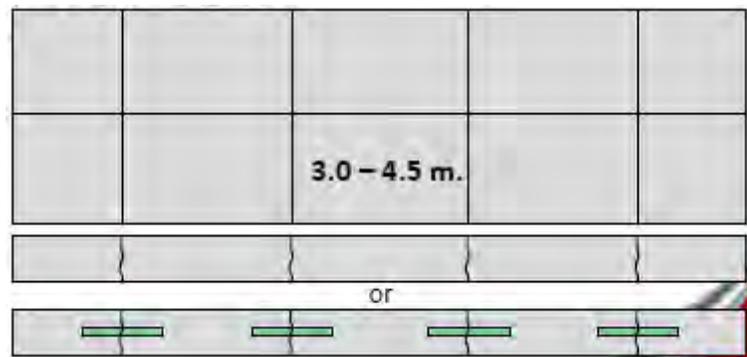


Imagen 1.6.1.- Juntas concreto convencional

Fuente: Fuente: Artículo "Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTO CON CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)

En este capítulo se presentará las características del concreto compactado con rodillo (CCR), el cual a diferencia del concreto hidráulico mencionado en el capítulo 1, este tiene un comportamiento similar al de un pavimento flexible.

Define www.lanamme.ucr.ac.cr, que el concreto compactado con rodillo es una técnica de la ingeniería para construir obras civiles utilizando un concreto no convencional que al ser colocado sobre la superficie del pavimento pasa un rodillo vibratorio que va acomodando y compactando el concreto.

2.1. Pavimento Flexible.

Según la Secretaría de Integración Económica de Centroamericana, que los pavimentos flexibles son la superficie de rodadura no rígida, por lo que se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

Los pavimentos flexibles son los que están formados por una carpeta bituminosa o asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas llamadas base y sub-base.

Así mismo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su libro N-CMT-4-05-001/00 “Características de los materiales” 4 Materiales para pavimentos, 05 Materiales Asfálticos, aditivos y mezclas, el asfalto utilizado en los pavimentos

flexibles, es un material bituminoso de color negro, constituido por asfáltenos, resinas y aceites, los cuales son propiedades que proporcionan unas características de consistencia, aglutinación y ductilidad. Es un sólido o semisólido, el cual tiene propiedades cementantes a temperatura ambiente y a altas temperaturas se va ablandando hasta alcanzar el estado líquido del material.

“Los materiales asfálticos se clasifican en cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados, dependiendo del vehículo que se emplee para su incorporación o aplicación. Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su libro N-CMT-4-05-001/00 (“Características de los materiales” 4 Materiales para pavimentos, 05 Materiales Asfálticos, aditivos y mezclas: 1/13).

De acuerdo con la definición anterior dada, tomando la referencia del CCR, es importante mencionar que aunque su comportamiento es similar al pavimento flexible, este no necesariamente tiene las mismas propiedades de los materiales de un pavimento de material asfáltico, ya que los materiales que componen a éste son de origen cementicio.

A partir de lo mencionado en el párrafo anterior se presentará la definición y los materiales que componen el concreto compactado con rodillo, así como el comportamiento que tiene a diferencia de los otros pavimentos mencionados anteriormente, las ventajas que tiene sobre los anteriores, etcétera.

2.2. ¿Qué es un Concreto Compactado con Rodillo?

“El CCR, concreto compactado con rodillo puede ser definido como un concreto especial que es compactado con un rodillo vibratorio. Este concreto es más que un nuevo material; es un nuevo método de construcción con el cual se obtienen beneficios específicos. Dentro de sus características principales podemos encontrar una mayor resistencia en sus propiedades mecánicas con una presencia menor de cemento y además el beneficio de poder instalar grandes volúmenes en un periodo de tiempo corto. En él, los agregados juegan un papel importante en los costos ya que deberán de considerarse agregados que estén cerca de la zona que cumplan las exigencias, que minimicen los vacíos en la mezcla y por lo tanto, la cantidad de mezcla (cemento, puzolanas y agua) necesaria para alcanzar las exigencias a compresión.” (www.imcyc.com, 2009)

“El concreto compactado con rodillo es una técnica de la ingeniería para construir obras civiles utilizando un concreto no convencional.

Consiste en emplear mezclas con un contenido de cemento similar al del concreto convencional vibrado (250 - 400 kg/m³), con un tamaño máximo del agregado grueso superior a 19mm, pero con una relación agua – cemento muy reducida que lo hace muy seco, sin revenimiento en el cono de Abrams, que hace que no sea posible colocarlo en obra mediante vibración interna y tenga que efectuarse su compactación con rodillo vibratorio.” (www.lanamme.ucr.ac.cr)

Según ACI Committee 207.5R-99, el concreto compactado con rodillo, es el avance más importante en la tecnología en una presa de concreto, en el cuarto siglo pasado; este concreto ha permitido a muchas de las presas para convertirse en económicamente accesible, por el método de construcción, así como la rehabilitación o mantenimiento de presas ya construidas.

Este concreto tiene propiedades similares al concreto convencional colocado; sin embargo las propiedades del concreto compactado con rodillo en estado endurecido, está fuera del grado de las propiedades típicas del concreto convencional.

La tecnología del concreto compactado con rodillo, también se utiliza para pavimentos, los cuales están cubiertos en ACI 325.1R.

La ACI Committee 207.5R-99, menciona que el concreto es mezclado usando alta capacidad de mezcla continua o equipo de dosificación, la cual se entrega mediante camiones o cintas transportadoras, pero para extenderlo se utiliza una o varias excavadoras o asfaltadores, en varias capas antes de ser compactado con el rodillo vibratorio.

2.2.1. Historia del desarrollo del Concreto compactado con Rodillo.

De acuerdo con el artículo presentado por el Ing. Jorge Solano Jiménez (www.lanamme.ucr.ac.cr), la técnica de construcción de los pavimentos con el concreto compactado con rodillo no es una nueva técnica, por lo que se dice que el primer pavimento construido con este concreto fue en 1865 en Escocia, la cual se

compactó con rodillos, pues antes aún no se había dado el desarrollo de la técnica de vibración.

Según el Boletín ICOLD (2002), el concreto compactado con rodillo, comenzó con la construcción de la cortina de las presas y conforme el tiempo ha avanzado, la tecnología también, por lo que ya no sólo en las presas se utiliza y su técnica de colocado se ha modificado.

“El hormigón compactado con rodillo ha sido usado regularmente desde finales de los años 20 en la mayoría de casos como base para pavimentos de autopistas y aeropuertos. En esta aplicación es comúnmente conocido como hormigón de mezcla pobre o mezcla seca y términos similares.

La primera sugerencia para utilizar el HCR en la construcción de presas fue en 1941. Esta publicación se adelantó a su tiempo y no fue hasta 1970-1971 que el HCR fue utilizado en la construcción de presas. Esto parece que fue en la ataguía de la presa de Shimen (Taipei China -Taiwan). El hormigón fue utilizado como núcleo impermeable y fue colocado utilizando métodos de materiales sueltos y compactados mediante rodillo.” (Boletín ICOLD 126: Estado del arte de las presas de HCR, 2002: 3).

Menciona también en la historia del Concreto compactado con rodillo ACI Committee 207.5R-99, que la rápida aceptación en todo el mundo del Concreto Compactado con Rodillo es el resultado de la economía y del desempeño exitoso de este concreto. Durante los años 1960 y 1970, había usos de materiales que se pudieron considerar para el concreto compactado con rodillo por lo que se llegó a

aplicaciones que han logrado el desarrollo de Concreto Compactado con Rodillo en estructuras diferentes de concreto en la ingeniería.

En la década de 1960, una alta producción de mezcla no endurecida se descubrió que podría ser extendido con bulldozers se utilizó en Alpe Gere, en la Presa construida en Italia y en Manicougan en Canadá. Estas mezclas se consolidaron con grupos de grandes vibradores internos montados en excavadoras o excavadoras. La rápida construcción de presas de gravedad utilizando el movimiento de tierras equipos, incluyendo grandes rodillos para la compactación, se sugirió en 1965 como un enfoque viable para la presa más económica en la construcción de las mismas; al principio no recibió mucha atención, hasta en 1970.

Dunstan realizó extensos estudios de laboratorio y pruebas de campo en la década de 1970 utilizando alta pasta de Concreto Compactado con Rodillo en Inglaterra. Otros estudios se llevaron a cabo en el Reino Unido bajo el patrocinio de la Industria de la Construcción Asociación de Investigación y de Información (CIRIA) y dio lugar a una evolución más refinados en el laboratorio pruebas de Concreto Compactado con Rodillo y los métodos de construcción.

Las aplicaciones que ha tenido el concreto compactado con rodillo en la actualidad, se mencionarán con mayor amplitud con los siguientes temas.

2.3. ¿Cómo trabaja el CCR?

Como se ha mencionado anteriormente sobre el concreto hidráulico convencional y los asfaltos con los que normalmente se han construido los pavimentos para el tránsito vehicular, desde vehículos livianos hasta vehículos pesados. Así como también de calles poco transitables a carreteras de varios carriles. El concreto hidráulico resulta ser de alto costo, y como el pavimento asfáltico tiene sus desventajas y un mantenimiento mayor, por lo que se ha propuesto colocar el concreto compactado con rodillo sobre pavimento, como se mencionó anteriormente que se ha utilizado en la construcción de las cortinas de las presas y son de un costo más económico.

El CCR, se encuentra en un intermedio de los asfaltos y el concreto convencional como se muestra en la siguiente comparación según el artículo “Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo” de CEMEX, (2012).

Pavimento asfáltico.

Características similares de construcción:

- Similar graduación de los agregados.
- Similar colocación y compactación.

Pavimento Concreto convencional

Características similares de materiales.

- Mismos agregados o materiales pero diferentes proporciones.
- Similares requerimientos para el curado del concreto.

2.3.1 Ventajas del CCR.

“Principales ventajas del CCR.

El CCR se produce y coloca utilizando equipos comunes y de amplia existencia dentro de las empresas constructoras:

- ✚ Se produce en plantas continuas o planta central de baches.
- ✚ Se transporta en vagonetas.
- ✚ Se coloca con tractor, niveladora o pavimentadora.
- ✚ Se densifica con rodillos vibratorios.
- ✚ Se cura con agua, emulsión asfáltica o compuesto de curado.

Como resultado de esto, se puede decir que sus principales ventajas son:

- ✚ Fácil preparación.
- ✚ Alto volumen de producción.
- ✚ Fácil colocación con mínima mano de obra.
- ✚ Alta resistencia y durabilidad.
- ✚ Desempeño comprobado.” (Solano, www.lanamme.ucr.ac.cr: 7 y 8).

2.4. Aplicaciones.

Las principales aplicaciones que se han dado al concreto compactado con rodillo, se inició en las cortinas de las presas hidroeléctricas, como se mencionó anteriormente, después se empezó a colocar en pavimentos que han facilitado la construcción y la accesibilidad económica así como sus buenos beneficios. Conforme la tecnología en la ingeniería civil se ha utilizado en diferentes aéreas,

como menciona el artículo “Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012) como son:

En los grandes puertos, instalaciones intermodales, parques industriales, instalaciones de industria pesada, acotamientos de carreteras y autopistas, caminos de acceso, vialidades de baja velocidad, bases para pavimentos rígidos y flexibles, así como muchas otras más.



Imagen 2.1.- Aplicaciones del CCR en vialidades,

Fuente: Artículo “Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.

Ejemplos en las aplicaciones del concreto compactado con rodillo, CCR.



Imagen 2.2.- Puertos.

Fuente: Artículo “Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.



Imagen 2.3.- Parque industrial.

Fuente: Artículo “Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.



Imagen 2.4.- Carretera Querétaro - México.

Fuente: Artículo "Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.



Imagen 2.5.- Carretera Monterrey - México.

Fuente: Artículo "Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.

2.5.- Dosificación del concreto compactado con rodillo.

Menciona el Boletín ICOLD 126: Estado del arte de las presas de CCR, (versión España, 2002), que se tiene varios enfoques para utilizar diferentes métodos de dosificación para preparar el concreto compactado con rodillo el cual se considera con la relación agua – cemento y se diseña tomando en cuenta la relación de humedad – densidad. Esta última relación se considera de enfoque “suelos”. Estas dos relaciones son importantes para la calidad adecuada para su compactación con el rodillo.

Las dosificaciones para el CCR, se deben seguir el convenio utilizado en el concreto convencional, es decir, identificar la masa de cada ingrediente contenida en la unidad de volumen compactada de la mezcla basada en la condición de árido saturado.

Se han utilizado diferentes enfoques para el diseño de la dosificación del concreto compactado con rodillo, y todos los métodos tienen similitudes y siguen procedimientos parecidos aunque tienen pequeñas diferencias. Existe un procedimiento general, que se muestra a continuación.

1. “Optimizar la granulometría de los áridos (agregado) fino y grueso para producir los mínimos huecos en cada uno utilizando, si fuera necesario, finos adicionales en el árido fino (normalmente utilizando la densidad de conjunto compactado para el árido fino y la densidad de conjunto suelto para el grueso).
2. Escoger una relación apropiada de tal manera que los huecos en el árido fino se llenen, o se sobrellenen ligeramente (la relación se encuentra

generalmente en el rango de 0,38 a 0,46) con la pasta y que haya material adecuado que pase por el tamiz de 45 mm.

3. Dosificar el cemento Portland, la adición mineral (si la hay), el agua y los aditivos (si los hay) para obtener la resistencia media requerida y para obtener la dosificación de la pasta.
4. Establecer el volumen de árido grueso para obtener la trabajabilidad requerida, utilizando el aparato VeBe sobrecargado.
5. Comprobar que hay material conglomerante suficiente (y una proporción de finos, si se utilizan) para conseguir la permeabilidad de diseño
6. Comprobar que la relación árido fino/árido grueso es cercana al óptimo.
7. Comprobar que el calor de hidratación está dentro de los límites esperados.
8. Hacer cualquier ajuste que sea necesario y re-comprobar el diseño". (Boletín ICOLD 126: Estado del arte de las presas de HCR, (versión España, 2002:63-64).

Por otro lado, menciona ICOLD (2002), que la dosificación de los suelos gruesos y finos son para disminución de huecos que dependerán de los efectos combinados de la densidad de conjunto de suelo, es decir, los sólidos en volumen suelto o compactado. El suelo que se utilizará para la dosificación se debe clasificar en varios tamaños, en diferentes fracciones que deben ser combinadas en diferentes proporciones hasta que se obtenga el mínimo índice de huecos.

Para el contenido de agua debe de determinarse a partir de la experiencia o de los materiales que se utilizarán mediante la siguiente tabla 2.1.

Tamaño máximo de árido (mm)	150	75	50	38	19
Contenido de agua libre (kg/m ³)	85 ±	95 ±	100 ±	108 ±	117 ±

Tabla 2.1.- Contenido aproximado de agua en relación al tamaño máximo del suelo en un CCR.

Fuente: Boletín ICOLD 126: Estado del arte de las presas de HCR, (versión España, 2002)

2.6.- Propiedades.

Según el artículo presentado por el Ing. Jorge Solano Jiménez (www.lanamme.ucr.ac.cr), las cualidades que tiene el concreto compactado con rodillo, se consideran como un híbrido entre una base granular estabilizada con el cemento así como también la resistencia que llega a tener este concreto se asemejan al concreto convencional, en la imagen 2.6, se muestra como es la cantidad de cemento similar al de un concreto convencional vibrado y por lo tanto muy superior al de la base granular estabilizada con cemento.

“Con el contenido de agua ocurre exactamente lo inverso: es similar al de una base granular estabilizada con cemento y muy inferior al de un concreto convencional vibrado para pavimentos.

refuerzo, y por ultimo después del curado del CCR, trabaja muy similar al concreto convencional.

Las propiedades que presenta el concreto compactado con rodillo, según el boletín ICOLD (2002), son el módulo de la elasticidad, el índice de Poisson, el coeficiente térmico de expansión y el peso específico; estas propiedades dependen de la utilización de los agregados.

2.6.1.- General.

Para el manual Roller-Compacted Mass Concrete, ACI 207.5R-99, las propiedades del concreto compactado con rodillo son similares al convencional, pero sus principales propiedades son en el requerimiento de la fuerza, el rendimiento y el contenido de vacíos de las mezclas del CCR.

La mayoría de mezclas de CCR también pueden utilizar agregados que no cumplan los requisitos de calidad o clasificación del concreto convencional. Mezclas de CCR también pueden ser puzolanas, que afectan a la tasa de aumento de la mezcla. Debido a que algunas mezclas de CCR pueden utilizar menos agregados de calidad y bajos contenidos de materiales cementantes, la escala de propiedades endurecidas del CCR es más ancha que la de las propiedades del concreto convencional.

2.6.2.- Propiedades del concreto endurecido

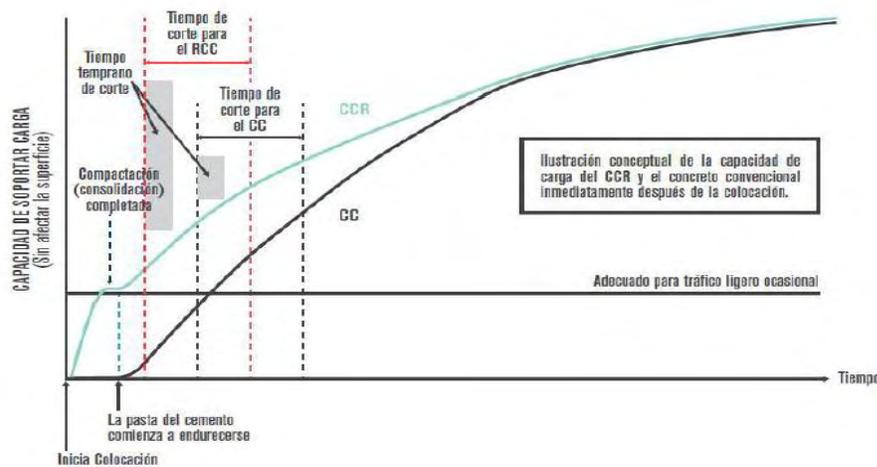
En los siguientes textos, se explica con detalle cada una de las propiedades que tiene el concreto ya fraguado y en utilización, como son la resistencia, propiedades elásticas, térmicas, permeabilidad, cambio de volumen, durabilidad, peso unitario, comportamiento ante la fatiga, adherencia entre capas y por último la contracción.

2.6.2.1.- Resistencia.

La resistencia depende de:

- ✓ Agregados bien graduados.
- ✓ Contenido de cemento.
- ✓ Carga y óptimo contenido de humedad.
- ✓ Apropiada compactación.
- ✓ Apropiado curado.

En la siguiente gráfica, Ramírez en el artículo de Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), demuestra cómo es la capacidad de carga a edades tempranas de un concreto compactado con rodillo y un concreto convencional.



Grafica 2.1.- carga a edades tempranas de un concreto compactado con rodillo y un concreto convencional. Ramírez, María Claudia.

Fuente: Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012),

A).- Resistencia a la compresión.

Menciona Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo”, (2012), los ensayos de la resistencia a compresión son desarrollados en la fase de diseño para determinar los requerimientos de proporciones y optimizar la combinación de los materiales, tanto de cementantes y como los agregados.

Esta resistencia es utilizada para satisfacer los requerimientos de carga de diseño tal como indicador de propiedades como la durabilidad.

La resistencia a compresión es utilizada por la facilidad de determinación y de varias propiedades que son ligadas a ella. La edad requerida para los ensayos del CCR en pavimentos es de 28 días.

La resistencia a compresión del CCR se determina por el contenido de agua, contenido y propiedades del material cementante, la granulometría del agregado así como la compactación.

Cuando hay una reducción de agua en la mezcla, la resistencia a la compresión del CCR va aumentando; por lo que la máxima resistencia a la compresión para una mezcla determinada se obtiene el con el óptimo contenido de agua afín con el esfuerzo de compactación.

“Para la mayoría de los CCR, el diseñador establece un contenido de agua relativamente fijo, el cual está basado en el tiempo Vebe. El diseñador de mezclas CCR con aproximación a suelos puede decidir un contenido de agua ligeramente mayor que el óptimo para obtener una mejor trabajabilidad. Sin embargo, una vez que el contenido de agua y el esfuerzo de compactación son establecidos, la resistencia a la compresión depende del contenido de cemento o del contenido de la puzolana más cemento. La resistencia a la compresión se incrementa con el tiempo y el contenido de material cementante en la mezcla.

La mezclas de CCR con un bajo contenido de pasta pueden alcanzar resistencias a la compresión de 50 a 150 Kg/cm², las de contenido de pasta medio de 110 a 210 Kg/cm² y las mezclas con alto contenido de pasta alcanzarán resistencias de 175 a 315 Kg/cm²”. (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 90 y 92).

En las siguientes imágenes se describe la resistencia a compresión conforme el tiempo. En el inciso a) se refiere a la mezcla con agregados de buena calidad y en el inciso b) con agregados de calidad media.

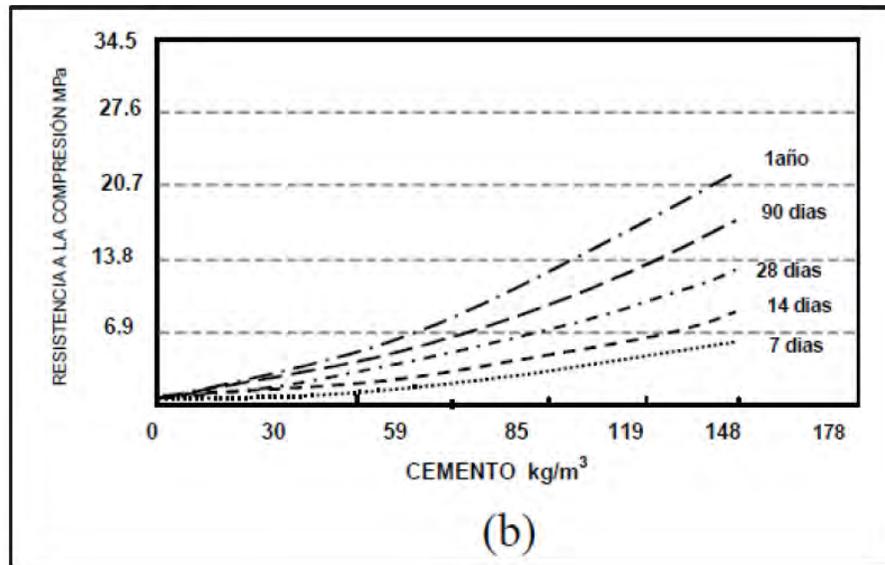
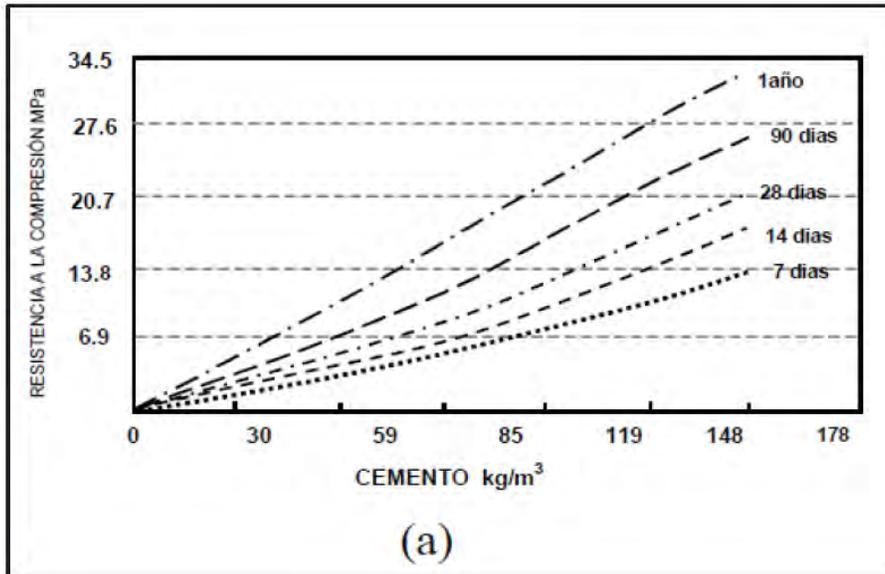


Tabla 2.2.- Resistencia a la compresión
Fuente: ACI 207.5R-99 Roller-compacted mass concrete.

B).- Resistencia a la tensión.

Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, (2012), dicen que la resistencia a tensión es requerida para propósitos de diseño la cual incluye el análisis de las cargas dinámicas y térmicas.

“Resultados de resistencia a tensión de núcleos obtenidos de proyectos de pavimentos de CCR oscilan entre los valores de 400 hasta 600 psi (2.8 a 4.1 Mpa) a los 28 días dependiendo del contenido de materiales cementantes de la mezcla”. (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 92).

2.6.2.2.- Propiedades elásticas.

Continuando con el manual Roller-Compacted Mass Concrete ACI 207.5R-99, hay dos propiedades elásticas en las que refiere al concreto compactado con rodillo, que son el módulo de la elasticidad y el coeficiente de Poisson.

***Módulo de la elasticidad.-** Según Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, (2012), el módulo de la elasticidad se define como la relación del esfuerzo normal a su correspondiente deformación para los esfuerzos de tensión o de compresión por debajo del límite elástico proporcional del material.

Existen factores que pueden afectar al módulo de la elasticidad del concreto compactado con rodillo, los que se mencionan a continuación:

- La edad.
- La resistencia.
- El volumen de pasta.
- El tipo de agregado.

Para utilizar los concretos, normalmente se requiere de un módulo de la elasticidad para evitar o disminuir las grietas potenciales, por lo que para el CCR, se propone usar finos naturales o manufacturados.

Típico módulos de elasticidad para una variedad de mezclas de CCR son se muestra en la Tabla 2.4. El módulo de elasticidad en tensión es asumido típicamente para que sea el mismo que en la compresión.

Dam/project	Mix type/ ID	Cylinder fabrication method	NMSA, in. (mm)	w/c _m	Compressive strength, psi (MPa)				Modulus of elasticity, million psi (GPa)				Poisson's ratio			
					7 day	28 day	90 day	365 day	7 day	28 day	90 day	365 day	7 day	28 day	90 day	365 day
Concepcion	152C	PT	3 (76)	1.03	640 (4.4)	980 (6.8)	1250 (8.6)	1690 (11.7)	—	1.10 (7.58)	1.91 (13.17)	3.31 (22.82)	—	0.17	—	—
Santa Cruz	1e	VB	2 (51)	0.88	640 (4.4)	1290 (8.9)	2180 (15.0)	3050 (21.0)	1.36 (9.38)	1.80 (12.41)	2.26 (15.58)	3.24 (22.34)	0.13	0.14	0.19	0.21
Upper Stillwater	L1	VB	2 (51)	0.47	1360 (9.4)	2130 (14.7)	3510 (24.2)	5220 (36.0)	—	1.03 (7.10)	1.32 (9.10)	1.71 (11.79)	—	0.13	0.14	0.17
	L2	VB	2 (51)	0.45	770 (5.3)	1220 (8.4)	2150 (14.8)	4780 (33.0)	—	0.82 (5.65)	—	1.59 (10.96)	—	0.13	—	0.20
	L3	VB	2 (51)	0.43	1110 (7.7)	1620 (11.2)	2770 (19.1)	4960 (34.2)	—	0.92 (6.34)	—	1.76 (12.14)	—	0.13	—	0.18
Urugua-I	101C	PT	3 (76)	1.67	—	930 (6.4)	1170 (8.1)	1390 (9.6)	—	2.25 (15.51)	3.12 (21.51)	3.60 (24.82)	—	—	—	—
Willow Creek	175C	PT	3 (76)	1.06	1000 (6.9)	1845 (12.7)	2650 (18.3)	3780 (26.1)	2.20 (15.17)	2.67 (18.41)	2.78 (19.17)	—	—	0.19	0.18	—
	175C80P	PT	3 (76)	0.73	1150 (7.9)	2060 (14.2)	3960 (27.3)	4150 (28.6)	2.40 (16.55)	2.91 (20.06)	3.25 (22.41)	—	—	0.21	0.21	—
	80C32P	PT	3 (76)	1.61	580 (4.0)	1170 (8.1)	1730 (11.9)	2620 (18.1)	1.20 (8.27)	1.59 (10.96)	1.91 (13.17)	—	—	0.14	0.17	—
Zintel Canyon	100C1975	PT	3 (76)	2.00	280 (1.9)	630 (4.3)	1090 (7.5)	1550 (10.7)	0.68 (4.69)	1.54 (10.62)	2.15 (14.82)	2.57 (17.72)	—	—	0.21	—
	200C1975	PT	3 (76)	1.00	990 (6.8)	1620 (11.2)	2130 (14.7)	3100 (21.4)	1.54 (10.62)	2.39 (16.48)	2.47 (17.03)	3.28 (22.62)	—	—	0.20	—

Cylinder fabrication method: VB = Vebe (ASTM C 1176); PT = pneumatic tamper.

Tabla 2.4 Resistencia a la compresión y las propiedades elásticas de algunas mezclas de CCR de laboratorio.

Fuente: Compacted Mass Concrete ACI 207.5R-99, **207.5R-13**

En el módulo de la elasticidad, menciona Ramírez, los siguientes puntos importantes:

- 210,000 kg/cm² a 350,000kg/cm².
- Los valores obtenidos con el concreto compactado con rodillo son similares pero a su vez pueden ser mayores que un concreto convencional.
- Lo más común es utilizar la correlación por la complicación de obtener datos de laboratorio.

$$E(\text{psi}) = 6750 * \text{resistencia a flexion} (\text{psi})$$

- Relación esfuerzo-deformación.

***Coeficiente de Poisson.-** “El valor de la Relación de Poisson es la relación de la deformación transversal (lateral) a la correspondiente deformación axial (longitudinal), resultante de la distribución uniforme de los esfuerzos axiales bajo el límite de proporcionalidad del material. Se ha encontrado que el valor de la Relación de Poisson en el CCR es similar a los valores reportados para los concretos normales, pudiendo presentarse un rango de 0.17 a 0.22”. (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 96).

2.6.2.3.- Propiedades térmicas.

“Las propiedades térmicas, incluyendo el calor específico, conductividad, coeficiente de expansión térmica y el aumento de temperatura adiabática son la principal preocupación en masas de concreto convencional y de concreto compactado con rodillo. Las propiedades termales de la mezclas son gobernadas por las propiedades termales de los constituyentes. Aunque los valores para concretos convencionales y CCR son similares, los valores reales medidos pueden variar significativamente, dependiendo del tipo y contenido de agregado, cemento y puzolana.

El aumento de la temperatura adiabática es afectado por el total del contenido de material cementante y el porcentaje de puzolana en la mezcla. Las mezclas de CCR con bajo contenido de material cementante tendrán menor aumento de temperatura que las mezclas normales de concreto masivo. También, las puzolanas pueden reducir la velocidad de aumento de temperatura en las edades tempranas”. (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 97).

2.6.2.4.- Permeabilidad.

Dicen Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, (2012), la permeabilidad del concreto compactado con rodillo, depende esencialmente de los vacíos de la masa que es compactada como la

porosidad de la matriz del mortero, la cual es controlada por la proporción de la mezcla, por el método de colocación y el grado de compactación.

El CCR será impermeable cuando la mezcla contenga suficiente pasta, mortero y una distribución adecuada de finos que reducen la capacidad de que se obtengan vacíos.

Para una mayor impermeabilidad en el CCR, se ocupa una mayor cantidad de material cementante.

2.6.2.5.- Cambio de volumen.

Para el cambio de volumen en un CCR, existen dos formas diferentes de este cambio que puede ser de contracción por secado y el cambio de volumen autógeno, mencionan Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, (2012).

***Contracción por secado.-** Es regida principalmente por el contenido de agua en la mezcla y en menor cantidad por el grado de control del agregado. En este cambio de volumen en el CCR se disminuye por el bajo contenido de agua.

***Cambio de volumen autógeno.-** “Contracción autógena”. Es la disminución del volumen del concreto que ocurre por la hidratación de los materiales cementantes dentro del concreto que se gana o pierde humedad. Este cambio ocurre dentro de una gran masa de concreto y puede ser un factor insignificante. Se relaciona con las

propiedades de los materiales, proporciones de la mezcla y esencialmente al tipo de agregado.

2.6.2.6.- Durabilidad.

“La durabilidad del CCR es especialmente importante si el material es expuesto al tiempo o a fuerzas hidráulicas severas. El CCR, como el concreto en masa convencional, está sujeto a un potencial deterioro debido a los efectos de abrasión/erosión, congelamiento/deshielo y otros factores como reacción álcali /sílice y ataque a los sulfatos”. (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 100).

***Resistencia a la abrasión y erosión.-** La resistencia a la erosión en CCR es proporcional a la compresión y a la abrasión de los agregados que son utilizados en la mezcla del concreto. El CCR ha mostrado buena resistencia a la erosión y abrasión, tanto en el laboratorio como en obra. Los pavimentos que soportan carga pesada no han presentado desgaste apreciable por tráfico o abrasión industrial bajo condiciones severas.

2.6.2.7.- Peso unitario.

Para Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, (2012), el peso unitario es también conocido como la densidad el cual depende de la gravedad específica de los agregados y de la

cantidad de vacíos en la mezcla del CCR. Por lo regular en el CCR hay poca cantidad de vacíos, la cual están en una escala entre 0.5 y 2.0 % que son reducidos por la gran compactación, por lo que su densidad es de 1 a 3% que el concreto convencional.

El peso unitario común del CCR es mayor a 2400 kg/m³.

2.6.2.8.- Comportamiento frente a la fatiga.

“La falla por fatiga es definida como la ruptura del material después de cargas aplicadas continuamente y repetidas que causan esfuerzos menores del esfuerzo del material”. (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 102).

Resultados de ensayos de fatiga sobre vigas de mezclas de CCR, indican que la fatiga de CCR es similar a la del concreto convencional.

2.6.3.- Adherencia entre capas.

Dice Ramírez, en el artículo de Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), la capacidad de adherencia es crítica cuando el concreto compactado con rodillo es colocado en capas, de este modo es más resistente que el que no es colocado de esa forma.

Las capas de adherencia deben ser colocadas dentro de un rango de un horario establecido \pm . Al igual de que se deben obtenerse corazones periódicamente para verificar la adherencia entre las capas colocadas.

2.6.4.- Contracción.

La contracción depende del bajo contenido de agua que contiene la mezcla de concreto compactado con rodillo va producir menos agrietamiento que el concreto convencional.

El cambio de volumen que se presenta en el CCR, es debido solamente al proceso de secado que va experimentar.

La separación de la junta son ligeramente mayores, con un límite que alcanza hasta los seis metros, y el movimiento térmico del CCR es similar al concreto convencional.

2.7.- Diseño de la mezcla del CCR.

Menciona Ramírez, en el artículo Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), los materiales que se ocupan para realizar la mezcla del concreto compactado con rodillo son los mismos pero se diferencian por la proporción que se les da a cada uno, es decir, en el CCR se ocupa menos cantidad, como se explica en la siguiente imagen.

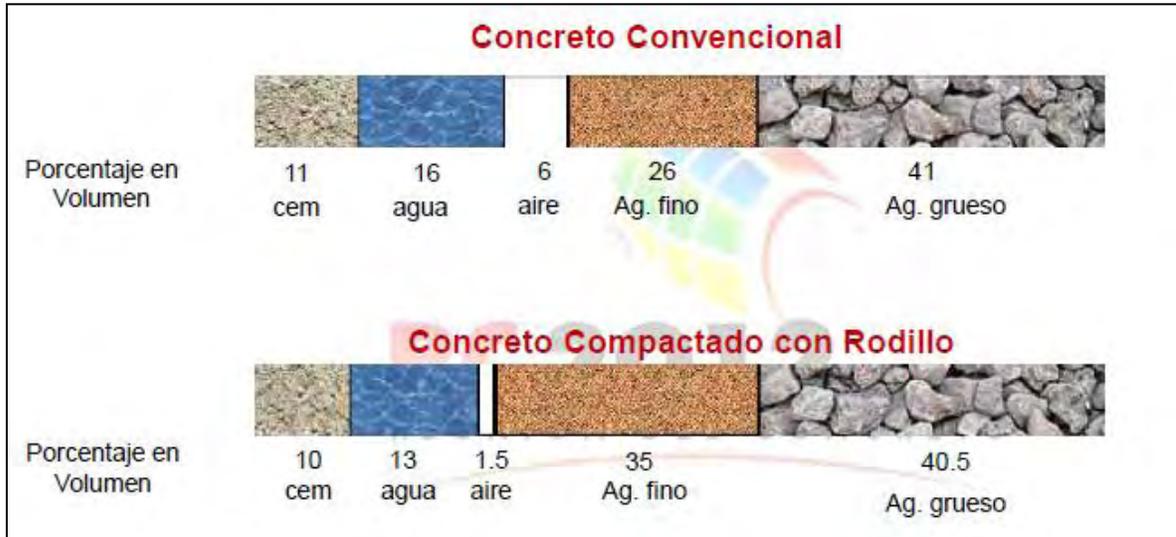


Imagen 2.7.- Diferencia básica entre el CCR y el convencional.

Fuente: Artículo "Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012."

"El comité ACI 211.3 "Guía para la Selección de Proporcionamiento de Concreto sin Revenimiento", establece una metodología para el diseño de concreto sin revenimiento igual a la del concreto de consistencia plástica, en la cual, a partir de la consistencia deseada se determina la cantidad de agua dependiendo del tamaño máximo del agregado, se establece el volumen de agregados, se elige la relación agua/cementante y por último se define el contenido de cemento". (Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto "Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, 2012: 104-105).

2.8.- Materiales.

Los materiales utilizados para hacer la mezcla del concreto compactado con rodillo, según Ramírez, en el artículo Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012) son:

Agregados: arena y grava.

Cemento

Agua

Materiales cementantes: puzolana, escoria o cenizas volátiles.

Aditivos

2.8.1.- Los agregados.

Los agregados son muy importantes para que el concreto compactado con rodillo, porque por ellos son los que le den trabajabilidad, acabado al concreto y evitan la segregación, menciona Ramírez, en el artículo Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012).

El tamaño máximo del agregado nominal, el recomendado es:

- Para la mayoría de los proyectos se usa el de 5/8" (15mm) a 3/4" (19.5mm)
- Para proyectos más específicos se usa el tamaño de 1/2" (12.5mm) a capas delgadas y reducir la segregación.

2.8.2.- Puzolanas.

Este material según la página de internet www.puzolana.com.ar son las cenizas y piedras volcánicas. Este material proporciona una mayor resistencia y durabilidad en los concretos por lo que da matriz muy densa; por lo que es utilizada para este concreto CCR, para rellenar los vacíos de aire y tener una mayor compactación y resistencia.

Por otro lado, un artículo específico del CCR, de la página de internet <http://www.imcyc.com.mx>, dice que la puzolana aplicada para la mezcla del CCR sirve como una sustitución parcial del cemento, que su función es reducir la generación del calor, reducir costos y también funciona como un aditivo para aumentar finos tanto como para mejorar la manejabilidad al determinar mezclas para volúmenes mínimos de la pasta. Su principal función es ocupar espacios así como contribuir al desarrollo de resistencia a largo plazo.

2.8.3.- Ceniza volátil.

Según la página de <http://es.wikipedia.org>, la ceniza volátil son los residuos sólidos que son captados mecánicamente de los gases de combustión de los quemadores de las termoeléctricas que estas a su vez son alimentadas por carbones pulverizados.

El uso de las cenizas volátiles, menciona la página <http://www.imcyc.com.mx>, al ser adheridas al concreto proporciona muchos beneficios, los cuales pueden ser:

Un revenimiento requerido, una mejor bombeabilidad, cohesión mejorada, segregación reducida, reduce la temperatura durante el curado, y disminuye el agrietamiento, mejora la durabilidad, reduce la permeabilidad, contribuye a la

resistencia a largo plazo del concreto, reducir los costos del concreto, así como la puzolana funciona para evitar los vacíos y obtener una mayor compactación.

Por otro lado, en la página de la Asociación Mexicana de Concretos Independientes, A.C.(AMCI), menciona que el uso de la ceniza volante en el concreto da beneficios que mejoran el comportamiento del mismo durante el tiempo del uso del concreto. La ventaja del uso de la ceniza, es el reducir la permeabilidad lo más posible.

“El muy conocido parámetro de resistencia a la penetración del ión cloruro, comúnmente llamado “permeabilidad”, especificado en la provisión especial número 934 de la ACT, es clave para garantizar la durabilidad de los puentes, carreteras y demás estructuras de nuestro país.” (AMCI).

2.8.4. Aditivos.

El uso de aditivos según la tesina “Aditivo.” Son retardadores del fraguado del concreto para garantizar un tiempo suficiente para lograr una compactación exigida.

2.9.- Conceptos básicos para el diseño de pavimentos de CCR.

A continuación se describe los conceptos principales para poder diseñar un concreto compactado con rodillo en un pavimento.

2.9.1.- Diseño de juntas de CCR.

“El CCR tiene juntas inducidas para las juntas naturales vayan en el sentido de las inducidas y no en otra parte. El espaciamiento de las juntas transversales generalmente es de 4.5 a 6 metros. El CCR no necesita de refuerzo o duelas en las juntas.

La omisión del refuerzo se considera en el diseño del espesor del pavimento y es compensado por espesores mayores si son necesarios. La transferencia de carga es alta debido a la baja contracción de este pavimento. (Ramírez, Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012, 39).

En la imagen 2.8 se muestra más claro como son las juntas.

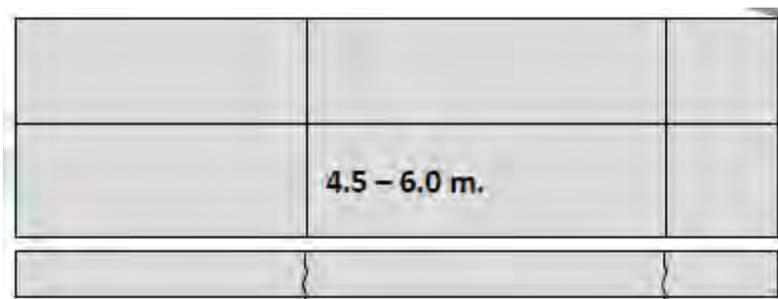


Imagen 2.8.- Juntas inducidas en el CCR.

Fuente: Artículo “Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012.

El artículo Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012, presentado por Ramírez, hay dos formas de poner la junta longitudinal, la que es en caliente, es decir, en fresco, y la otra es la junta fría vertical.

***Junta caliente (en fresco).**- Se coloca una franja durante 50 minutos, volver al inicio y colocar franja adyacente. Dejar 60 centímetros de la franja inicial sin

compactar y compactarla hasta que se coloque la adyacente. Puede que no necesite corte longitudinal.

Se requiere de velocidad en la operación y mucha coordinación para evitar quiebres.

***Junta fría vertical.-** Para esta junta, se coloca una franja, se corta y se retira el material excedente y se considera el material de desperdicio retirado.

Se coloca una franja adyacente y nivelar con espesor existente.

Esta junta es de buen comportamiento pero de capacidad limitada de transferencia de carga.

Para el corte y sellado de las juntas transversales del concreto compactado con rodillo se toma en cuenta lo siguiente:

La superficie es más estética.

El corte en el tiempo más corto que el convencional.

Mientras menor tiempo, menos presencia de grietas.

La profundidad mínima es de 4 centímetros.

Y el espaciamiento máximo de 6 metros.

2.9.2.- Consideraciones de diseño.

Para el diseño del espesor del pavimento está en función de las siguientes características según el artículo de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012):

- ✓ Cargas de diseño.
- ✓ Propiedades del CCR.
- ✓ Las características de la base y sub-base.

En el desempeño estructural es similar al de un concreto sin refuerzo, un pavimento sin refuerzo longitudinal y en el diseño de prever futuras fallas por fatiga.

Para una buena durabilidad del CCR se deben tomar en cuenta el tipo del producto, el medio ambiente local, por lo que se conviene verificarse los siguientes requisitos al momento de diseñar, mencionan Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Fabián, Proyecto "Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo, (2012):

- Relación agua-cemento.
- Resistencia a compresión.
- Uso del mayor tamaño máximo consistente con la disponibilidad, colocación y resistencia.
- Dosificación para que pueda ser eficientemente consolidado.
- Geometría de los elementos.
- Tipo de cemento y materiales cementantes congruentes con la exposición.

2.9.3.- Consideraciones de tráfico.

El diseño del pavimento se basa en el tipo de vehículo que va transitar por el camino así como la frecuencia con la que van a pasar, como la configuración de los ejes; se toman con mayor importancia los camiones ya que son más pesados a diferencia de los vehículos que esa carga no es considerada para el diseño del camino.

También para el diseño se considera proyecciones de crecimiento del tráfico, futuras expansiones o así también el cambio de uso; dice Ramírez en el artículo de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012).

2.9.4.- Características de las capas.

Menciona Ramírez en el artículo de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), que hay dos capas antes de la del concreto compactado con rodillo que son la sub-rasante o terracería y la otra que puede ser base o sub-base las cuales comprenden las siguientes características.

- **Terracería.-** Es el suelo natural, graduado o compactado sobre el que se va a construir el pavimento y si esta capa no tiene la capacidad adecuada se puede estabilizar con cemento.
- **Base y sub-bases.-** Es la capa sobre la que se colocará directamente el concreto compactado con rodillo, el cual puede ser granular o estabilizado, el cual es utilizado para mitigar la erosión del material de la parte inferior de la placa del concreto por las deflexiones del pavimento.

2.9.5.- Espesores recomendables del CCR de acuerdo al tránsito vehicular.

1. **Pavimentos de bajo espesor (10 a 15cm) =** Carros, camionetas, camiones de baja carga. Generalmente son vías pequeñas. Se aplica como en calles residenciales, colectores, arterias menores, estacionamientos.

2. **Pavimentos de mediano tráfico con espesor (15 a 23cm)=** Son las áreas con el tráfico ligero a mediana carga de camiones, ocasionalmente autobuses y camiones pesados.

Se aplica en arterias primarias, industrias con tráfico ligero, estacionamientos, vías rurales.

3. **Pavimentos de tráfico pesado con espesor (20-33cm)=** Son áreas de mediana carga pesada.

Sus aplicaciones son en arterias primarias, accesos a industrias, autopistas y estacionamiento para industrias.

2.10.- Colocación.



Imagen 2.9.- Equipo de producción.

Fuente: Artículo "Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012."

Hay dos factores importantes que se deben tomar en cuenta según Ramírez en el artículo de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), para la colocación del concreto compactado con rodillo que son el transporte de la mezcla y la operación de la pavimentadora.

***Transporte de la mezcla.**

- Camiones de volteo con lona para tapar la carga.
- Mantener los camiones limpios.
- Planear ruta de transporte.
- Evitar la segregación en la carga y descarga.
- Promover el uso de máquina de transferencia de material.

***Operación de la pavimentadora.**

- Velocidad de producción balanceada con pavimentadora usando cálculo de pavimentación.
- Mantener la pavimentadora en movimiento.
- Corregir desperfectos inmediatos.
- Nunca pavimentar con exceso de agua en el terreno.

2.11.- Compactación.

Menciona Ramírez, en el artículo Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), que la compactación es crítica para la

permeabilidad, la resistencia, densidad, y suavidad del concreto compactado con rodillo.

Se deben dar de 4 a 6 pasadas con el rodillo vibratorio dual de 10 toneladas, dependiendo de la pavimentadora para lograr una buena densidad deseada del 98%.

Al final se puede utilizar un rodillo de neumáticos para dar una buena pasada final y remover grietas superficiales.

2.12.- Curado.

El curado del concreto, es el factor muy importante ya que le ayuda a la durabilidad y resistencia al concreto compactado con rodillo. La cual puede realizarse con membrana de curado, la cual debe de cumplir con ASTM C 309, y deberá de usarse de 1.5 a 2 veces la cantidad normal usada en concreto convencional o manteniendo húmeda la superficie por mínimo 7 días.

2.12.1.- Control de calidad en el sitio de la colocación.

Para que exista un una buena calidad de la colocación del concreto compactado con rodillo debe de existir un control de colocación, que en el artículo de Ramírez, Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), existen 2 formas que a continuación se mencionan.

“Compactación y humedad.

- Grado de Compactación con densímetro nuclear.
- Medir compactación después de la pavimentadora y después del rodillo para establecer la cantidad de roladas.
- Revisar compactación hasta obtener el objetivo.
- Obtener contenido de humedad mediante el secado.

Especímenes cilíndricos.

- Elaborar cilindros con martillo vibratorio de acuerdo a la norma ASTM C1435.
- 3 o 4 cilindros por muestreo.
- La edad de ensaye dependerá del requerimiento de apertura al tráfico (7, 14, 28, 90 días).
- Obtener corazones donde se tenga duda de la compactación.” (Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012: 66).

.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se muestra la localización de la zona donde se realiza el estudio, así como también el entorno geográfico, la ubicación específica, las características topográficas, climáticas, flora y fauna de la región.

3.1. Generalidades.

El diseño de un pavimento en las diferentes zonas de la ciudad de Uruapan Michoacán, varían dependiendo el tipo de suelo en el que se desea construir la vía de rodamiento, es decir, dependerá si se necesita estabilizar la capa de terracería, o no, si se ocupa sub-base o simplemente la base, la cual el concreto depende de estas capas para no sufrir alguna deformación con la flexión que va estar resistiendo al paso de los vehículos.

3.1.1. Objetivo.

El objetivo de la investigación es el poder utilizar el concreto compactado con rodillo en la construcción de pavimento de las calles en las colonias de la zona Oriente. El diseño de la investigación es experimental, teniendo un alcance exploratorio y descriptivo en cuanto a un método matemático, por lo que se beneficiarán los habitantes de la zona Oriente de la ciudad de Uruapan del Progreso

en el sentido en el que no tendrán que invertir tanto como con el concreto convencional.

3.1.2. Alcance del proyecto.

En el proyecto de estudio es el de realizar tanto la comparación técnica como económica de un concreto convencional con el concreto compactado con rodillo en la construcción de un pavimento rígido, siguiendo las normativas de construcción según la SCT para la terracería, sub-base, base y capa de rodamiento.

La zona en estudio se visita en el orden que la investigación lo vaya requiriendo; para la realización de este estudio, se ha visitado varias veces al lugar con el fin de conocer el entorno físicamente, tomándose fotografías de la zona así como llevándose material del terreno para hacer los estudios del suelo en el laboratorio en lo que se enfoca la mecánica de suelos en las vías terrestres, para determinar el tipo del suelo y así determinar las propiedades mecánicas de suelo y hacer el diseño del pavimento.

Después de concluir con las diferentes pruebas sobre el suelo donde se pavimentará, se iniciaron las pruebas de la calidad del material de banco de Paracho para realizar las mezclas del concreto compactado con rodillo, y realizar las pruebas de compresión y revenimiento de los cilindros a 3, 7, 14, 28, 56 y 90 días.

3.2 Resumen ejecutivo.

La información requerida para la sección teórica se obtuvo de diferentes fuentes de información, principalmente de libros encontrados en la biblioteca de la Universidad Don Vasco, manuales de la CFE, normas especificadas en los pavimentos, así como también en artículos sobre el CCR en diferentes países y en páginas web que tienen al final .gob .org, etc.

Al concluir con la investigación teórica de carácter profesional que se solicita, ahora sí, para la solución de la pregunta de investigación mencionada en la introducción dando un inicio a la investigación, sustituyendo la construcción del pavimento rígido convencional con el de la investigación reduciendo los costos.

3.3. Entorno geográfico.

El medio geográfico es un espacio en el que se desarrollan los grupos humanos en su interrelación con el medio ambiente, el cual fue transformado con el paso del tiempo y al crecimiento de la población, el cual se va desarrollando según las necesidades que va requiriendo la población.

Específicamente se habla de la ciudad de Uruapan del Progreso, la cual ha crecido año con año y se va requiriendo de la necesidad de la urbanización, como la construcción de viviendas como pavimentar los accesos a ellas, se han modificado los diferentes ecosistemas que tiene como lo son la flora y la fauna.

La flora más importante en la zona son los bosques los cuales tienen los pino, los encinos, cedros etc. La mayoría de esta flora es destinada para el sector de la agricultura en el aspecto de la producción de aguacate. En cuanto a la fauna se encuentran los conejos, las tuzas, gato montés y el zorro gris.

En la actualidad el entorno geográfico de la ciudad de Uruapan del Progreso se compone primordialmente de viviendas, negocios, algo de industria, así como de actividades dentro de los sectores tanto comercio y de salud. El sector salud se es vecino al sitio en estudio, el Hospital General Regional de Uruapan Dr. Pedro Daniel Martínez, el cual tiene su acceso a unos cuantos metros de la zona de estudio y el cual ocupa la mayoría de la población de la ciudad.

3.3.1 Macro y microlocalización.

El estado de Michoacán proviene del nombre Michámacuan, que significa lugar de pescadores, según la página de internet www.elclima.com. Michoacán se localiza en el oeste de la República Mexicana y está entre los ríos Lerma y Balsas, así como entre el lago de Chapala y el océano Pacífico.

Forma parte del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur.

Según la página de internet www.e-local.gob.mx, se encuentra localizado en las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Esta limitado al norte con los estados de Guanajuato y Jalisco, con el estado de Querétaro al noroeste, al este se encuentra México y Guerrero, al oeste está el océano Pacífico y por ultimo al sur con los estados de Colima y Jalisco.

Michoacán tiene una extensión superficial de 58,836.95 kilómetros cuadrados, además cuenta con 213 km de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas y cuenta con 113 municipios.

“Uruapan proviene de la palabra tarasca "Uruapani" y significa "el florecer y fructificar de una planta al mismo tiempo", por lo que se ha traducido como "lugar donde los árboles tienen siempre fruto". (<http://www.inafed.gob.mx>).

Uruapan nació y creció alrededor de su Huatapera, según la página www.visitamichoacan.com que fue erigida en 1534 y donde falleció Vasco de Quiroga en marzo de 1565.

La investigación tiene lugar en la ciudad de Uruapan del Progreso, el municipio se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, se encuentra a 1, 620 metros sobre el nivel del mar. Su distancia a la capital del Estado es de 120 kilómetros. Cuenta con una extensión de 954.17 kilómetros cuadrados representando así un 1.2% del total del Estado. Como ya se mencionó la ciudad de Uruapan del Progreso es la segunda ciudad más importante dentro del Estado de Michoacán y el estado se encuentra ubicado al sur de la República Mexicana.

En el siguiente mapa de la República Mexicana se observa la ubicación del estado de Michoacán y así se logra obtener una mejor apreciación de la zona en estudio.



Imagen 3.1. Ubicación de Michoacán dentro de la República Mexicana
Fuente: www.moreliamichoacanuphm.com

Ya que se ubicó el estado de Michoacán dentro de la República y posteriormente la ciudad dentro del estado de Michoacán, se sigue con la ubicación geográfica de la ciudad de Uruapan, que por medio de la imagen 3.2 se da a conocer su ubicación y colindancia con los diferentes municipios.



Imagen 3.2. Ubicación de Uruapan dentro del estado de Michoacán.
Fuente: www.google.com (2014)

La imagen 3.3 muestra la Macrolocalización de la ciudad de Uruapan del Progreso, la cual está situada en la vertiente sur de la sierra de Uruapan, prolongación de la de Apatzingán, formando parte del eje volcánico.

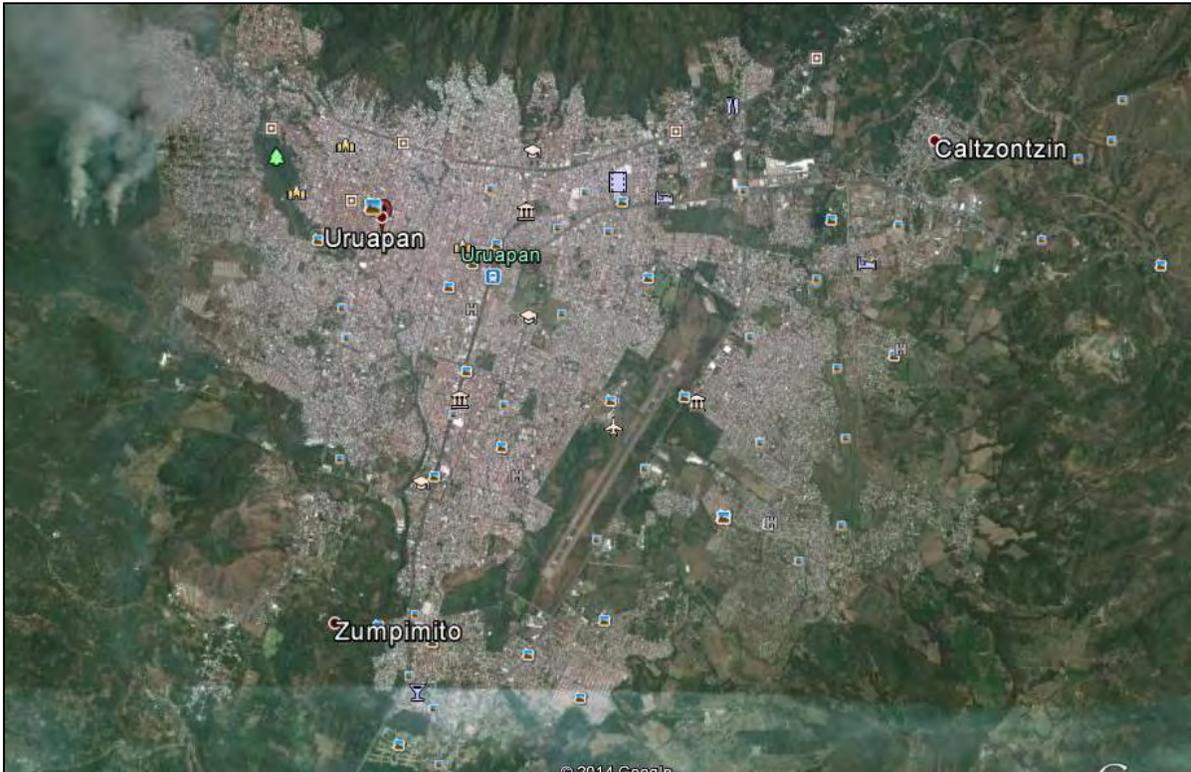


Imagen 3.3. Macrolocalización del Municipio de Uruapan del Progreso.
Fuente: Google Earth (2014).

El lugar en estudio se encuentra situado en la zona Oriente de la ciudad de Uruapan del Progreso, por la carretera Uruapan-Playa Azul. La ubicación geográfica de la zona en tesis queda comprendida en las coordenadas $19^{\circ}23'11.98''$ de latitud Norte y $102^{\circ}01'21.91''$ de longitud Oeste. Limita al norte con el Hospital General Regional Dr. Pedro Daniel Martínez y propiedades privadas, al oeste con el Fraccionamiento Valle Real, al este con la Planta de Tratamiento “Santa Bárbara” y al sur con propiedad privada. La imagen 3.4 muestra la ubicación de la zona en estudio.



Imagen 3.4. Microlocalización de la zona oriente de la ciudad de Uruapan.
Fuente: Google Earth (2014)

3.3.2. Características del suelo de la zona de estudio.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo Podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

La topografía de la ciudad de Uruapan es muy inconstante, al norte de la ciudad se cuentan con unas pendientes muy pronunciadas, las conforman los cerros “De La Cruz” y el “De La Charanda” como se puede ver en la imagen 3.7, en la zona centro el terreno es más plano, así como en la zona sur-poniente, solamente que en

esta zona existe el cerro de “Jicalán”; de la zona poniente solo se puede mencionar el cerro llamado “El Chino”, el cual ya se encuentra ubicado muy cerca de la población de San Juan Nuevo, así como también se encuentra el sistema volcánico transversal.

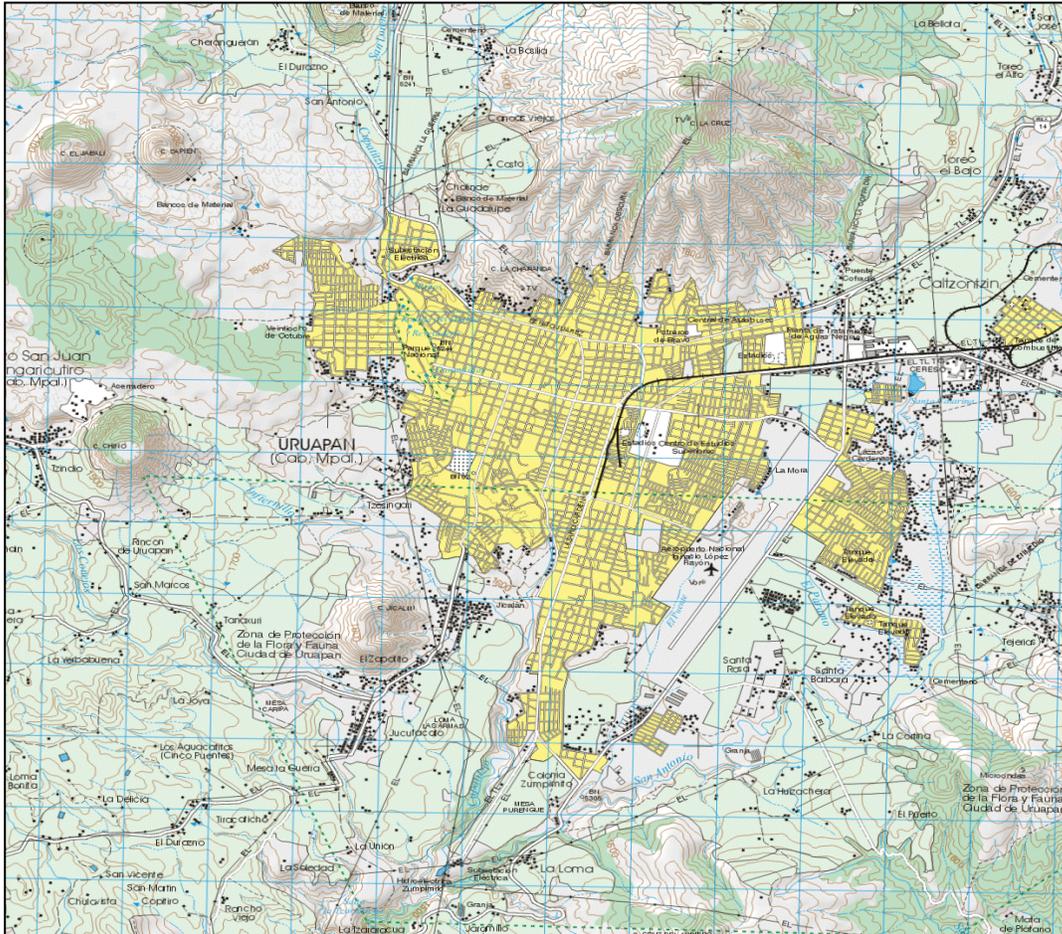


Imagen 3.5. Carta Topográfica de la ciudad de Uruapan esc. 1:50 000
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

3.3.3 Hidrografía.

La página de internet www.uruapan.gob.mx expone que, la hidrografía se constituye en primer lugar por el río Cupatitzio el cual es el río más importante del occidente del estado de Michoacán, que nace en el interior de la ciudad, dentro del Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”, conocida como la “Rodilla del Diablo”, se considera una de las principales fuentes de agua potable porque abastece a la mayoría de población, dando también un gran desarrollo agrícola y exuberante vegetación. Le sigue la presa Caltzontzin también llamada presa de Santa Catarina las cuales forman parte de la cuenca del río Tepalcatepec y éstas a su vez forman parte de la hidrografías del río Balsas.

También se encuentra la cascada conocida como La Tzaráracua, ubicado al sur de Uruapan del Progreso, se le llama río abajo, es una extraordinaria cascada que está rodeada de frondosa vegetación. Las aguas de del río Cupatitzio y el de Santa Bárbara se unen en la actual Presa Hidroeléctrica de Zumpimito y al unirse llegan a esta cascada mencionada anteriormente.

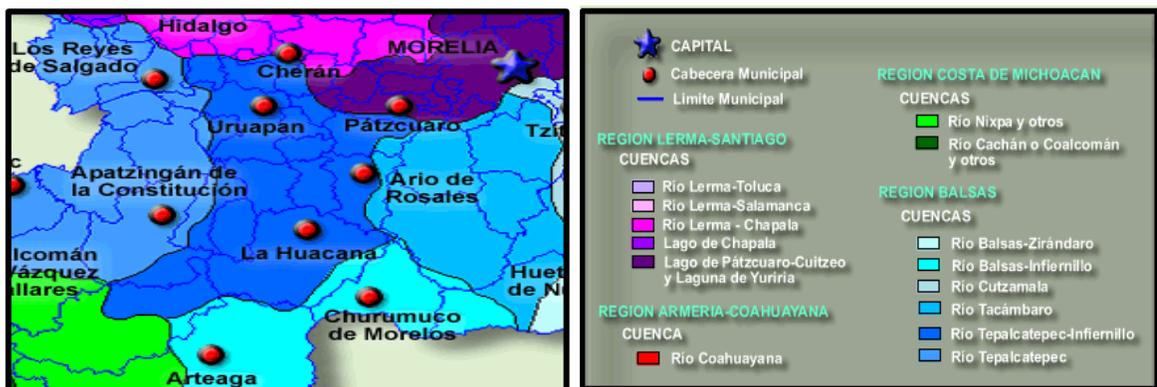


Imagen 3.6. Zona hidrológica a la que pertenece la ciudad de Uruapan. Fuente Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

3.3.4 Geotecnia.

La geotecnia es la rama de la ingeniería civil que trata de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de los materiales naturales que son principalmente los materiales provenientes del suelo que son las rocas que constituyen la corteza terrestre.

Este estudio es importante para los ingenieros para conocer las propiedades y así diseñar y construir la cimentación para estructuras, así también para proyectos como autopistas, vías férreas, puentes, presas, acueductos, unidades habitacionales, sitios de confinamiento, entre otras construcciones necesarias para satisfacer necesidades humanas, menciona las páginas de internet www.wikipedia.org y www.construmatica.com.

3.3.5 Clima.

De la misma forma el sitio web www.urupan.gob.mx describe que el clima de la ciudad de Uruapan del Progreso es templado subhúmedo y tropical con lluvias en verano. En cuanto a la precipitación anual, tiene una presentación de 1,759.3 mm. La temperatura promedio anual de la zona en la parte norte va de 12 a 16°C, en la parte central de 20 a 24°C y en la parte sur de 24 a 28°C. En la imagen 3.6 se ve más claramente lo anteriormente mencionado.

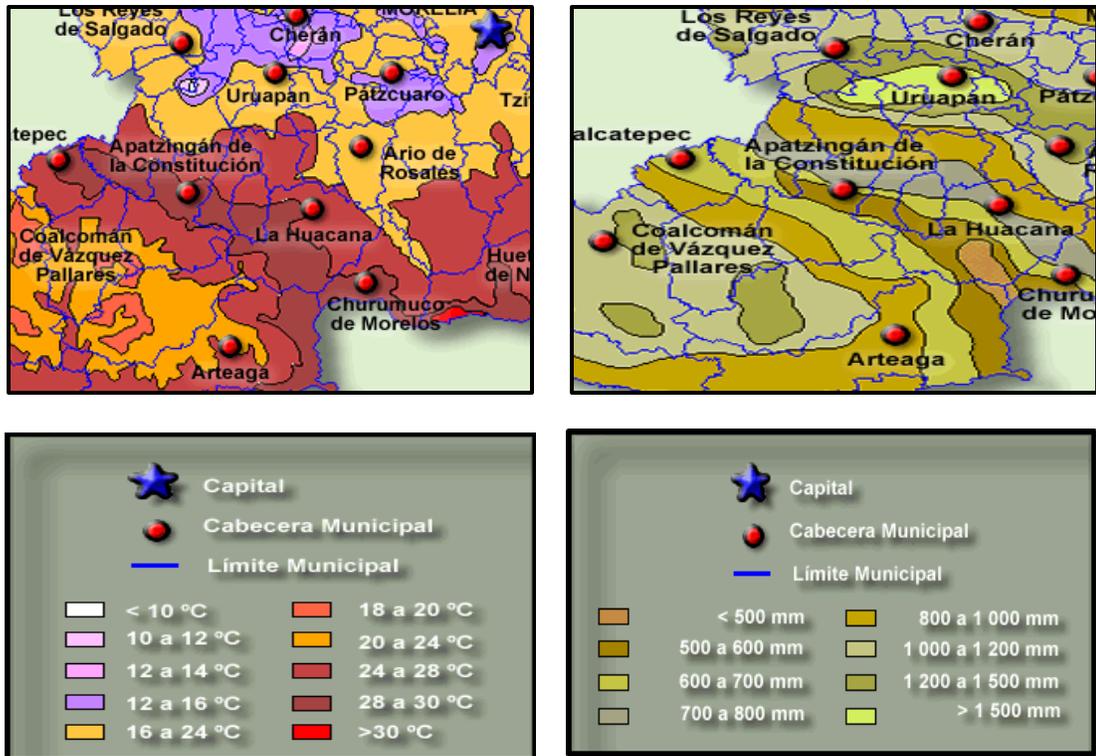


Imagen 3.7. Clasificación de las diferentes temperaturas e intensidades de lluvia anual respectivamente.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

3.4. Informe fotográfico de la investigación.

El informe fotográfico de la investigación mostrará el lugar de estudio de la ciudad de Uruapan Michoacán, la cual se encuentra en la Zona Oriente.

El lugar de la visita se encuentra aún en condiciones vírgenes, porque no existe drenaje, ni pavimento alguno, existen algunas casas construidas de madera con lámina, cartones etc., es una zona de extrema pobreza. Ver fotografías 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 y 3.4.4.

El día que se realizó la visita al lugar de estudio, se encontraba que en la colonia Laguna del Ahogado se estaba construyendo un drenaje, y ya se contaba

con una zanja de una profundidad considerable en la cual se observaba la diferencia de estratos y la cual se tomó material de esa excavación para el estudio correspondiente de mecánica de suelos.

Tiempo después se realizó la visita al banco de Paracho “Hermanos Vargas”, del cual se tomaron muestras en costales, con arena, grava de $\frac{3}{4}$ ”, grava de $\frac{1}{2}$ ” y de sello, todo esto para realizar las pruebas de calidad del material para uso de la mezcla del concreto compactado con rodillo. A continuación se muestran las diferentes fotografías.



Fotografía 3.4.1.- Zona Oriente
Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.2.- Zona Oriente
Fuente: Propia



Fotografía 3.4.3.- Zona Oriente
Fuente: Propia



Fotografía 3.4.4.- Zona Oriente
Fuente: Propia

Estas cuatro fotografías anteriores, muestran cómo se encuentra esta Zona Oriente de donde se realiza el estudio, actualmente como se muestra solo son terracerías para el acceso a las diferentes casas que se encuentran construidas.



Fotografía 3.4.5.- Extrayendo material natural producto de la zanja para el drenaje.
Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.6.- Zanja para drenaje col. Laguna del Ahogado.
Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.7.- Zanja para drenaje, los estratos que presenta el suelo.
Fuente: Propia.

Las fotografías anteriores, se observa la zanja realizada para el drenaje, en esos días se iba iniciando la construcción por lo que no estaba muy avanzada, también se observa los dos estratos que existen en ese suelo. Ver fotografías 3.4.5, 3.4.6 y 3.4.7.



Fotografía 3.4.8.- Banco de Paracho
"Hermanos Vargas."
Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.9.- Banco de Paracho
"Hermanos Vargas."
Fuente: Propia



Fotografía 3.4.10.- Llenando costal de
arena.
Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.11.- Llenando costal de
grava de $\frac{3}{4}$ "
Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.12.- Grava de 1/2"
Fuente: Propia.

Por último, son fotografías del Banco de Paracho "Hermanos Vargas", mencionado anteriormente, recopilando material para las pruebas de calidad del material, arena, grava de diferente tamaño. Ver fotografías 3.4.8, 3.4.9, 3.4.10, 3.4.11 y 3.4.12.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

En este capítulo, presenta el método empleado para las herramientas o instrumentos utilizados para la recopilación de los datos y la descripción del proceso de investigación.

4.1.- Método empleado.

El método que se empleó para esta investigación fue el método científico que se define como “un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presenta sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.” (Tamayo y Tamayo 2000: 35).

Tamayo cita a Pardinás que dice “Método de trabajo científico es la sucesión de pasos que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos o, en otras palabras, para comprobar o disprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos, desconocidos hasta el momento”. (Tamayo y Tamayo 2000: 35-36).

Según Tamayo (2000), el método científico va a llevar a eliminar el plano subjetivo en la interpretación de la realidad de lo que se está investigando, el cual va permitiendo llegar a una objetividad en el proceso de la investigación.

El método a emplear en el desarrollo de esta investigación es el método científico cuantitativo experimental, la razón por la que se considera cuantitativa es

que se utilizarán métodos matemáticos para comprobar que nuestra hipótesis cumpla con lo que se planteó desde el principio, y se dice que es experimental porque se va a utilizar el concreto compactado con rodillo en la realización de pavimentos, ya que normalmente se utilizaba únicamente para la construcción de la cortina de las presas, y se desea comprobar que tenga una buena resistencia y el valor económico sea menor que el concreto hidráulico convencional.

El método de investigación es considerado experimental, ya que partiendo de la teoría y práctica de las diferentes pruebas que se le harán al concreto compactado con rodillo sobre su resistencia, así como también se hará una modificación a la masa original, se le agregará ceniza volante para utilizar menor cantidad de cemento, y por lo tanto, comprobar si su resistencia no cambia y económicamente si sea de menor precio.

4.1.1. Método matemático.

El método matemático, se le dice así “al método de enseñanza-aprendizaje que se utiliza el proceso de modelización en cursos regulares”. (Artículo 32, pdf: 14, <http://www.sinewton.org>).

Otra definición del método matemático indica que es “un modelo producto de una abstracción de un sistema real: eliminando las complejidades y haciendo suposiciones pertinentes, se aplica una técnica matemática y se obtiene una representación simbólica del mismo”. (investigacionoperaciones541.blogspot.mx).

Según la página de internet investigacionoperaciones541.blogspot.mx el modelo matemático consta de tres elementos básicos para su desarrollo, los cuales son:

- Variables de decisión y parámetros.
- Restricciones.
- Función objetiva.

Las variables de decisión son las incógnitas que deben de ser determinadas a partir de la solución de un modelo dado, o también que se pueden controlar.

Las restricciones son relacionadas entre las variables de decisión y las magnitudes le dan un sentido a la solución del problema y los dan como valores factibles.

La función objetiva es la relación matemática de las variables a estudiar, de decisión, parámetros, y una magnitud que va representar el objetivo o el resultado del sistema.

4.2.- Enfoque de la investigación.

El enfoque de la de la investigación realizada, es de un carácter cuantitativo. Mide el comportamiento de una variable y se utilizan instrumentos para comprobar este comportamiento de la variable; para Hernández y Cols. (2010) este enfoque, se refiere a la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, así como las teorías, teniendo un proceso

secuencial y probatorio, por lo que cada etapa precede a la siguiente y no se pueden brincar pasos, cumpliendo con el orden riguroso, como lo muestra la figura 4.1.

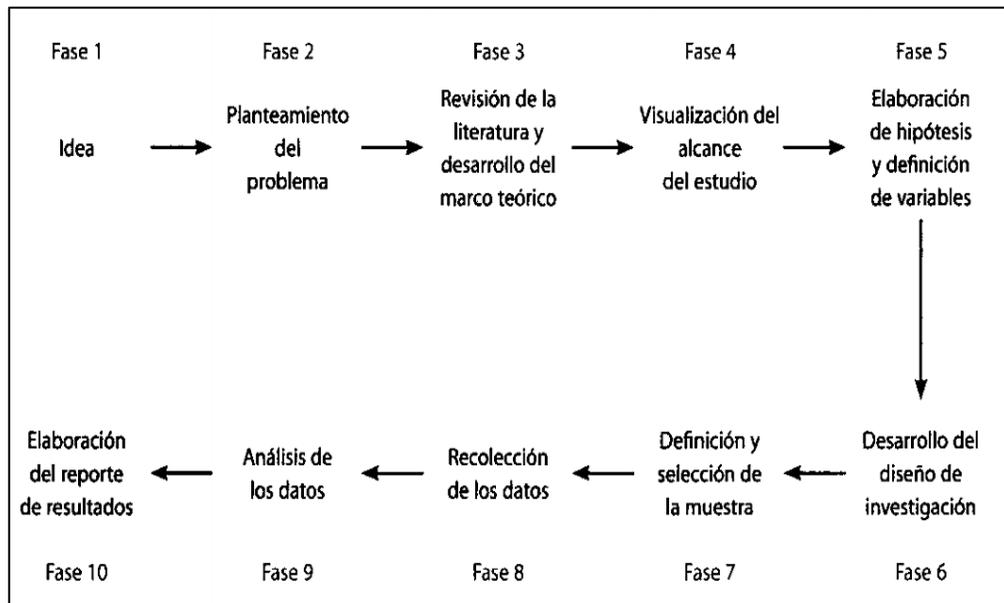


Fig. 4.1 El proceso cuantitativo: Hernández y cols. (2010).

Para Hernández y cols. (2010), el enfoque cuantitativo debe de contener las siguientes características principales para su realización:

- *El planteamiento del problema de estudio debe ser delimitado y concreto.
- *Constituye de un marco teórico en el que se deriva una o varias hipótesis.
- *La recolección de datos debe tener un procedimiento estandarizado, que los datos estudiados puedan ser observados o que se refieran al mundo real.
- *Debe ser una investigación lo más objetiva posible.

*Este tipo de investigación pretende que se identifiquen las leyes universales y causales.

*La búsqueda cuantitativa de la investigación conduce a una explicación de cómo se ve la realidad con la aproximación a la investigación.

Esta investigación realizada, se tomaron datos que son resultado de mediciones que representan números que son cuantificables y que se deben ser analizados a través de métodos, como la estadística.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

Según Hernández y cols. (2010), el alcance de la investigación depende de la estrategia en la cual es la investigación, así como el diseño, los procedimientos con otros componentes de este proceso serán distintos, el cual los divide en el alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo, menciona también que en la práctica puede incluir más de uno de estos alcances mencionados anteriormente.

Para esta investigación se realizan los estudios exploratorios y el descriptivo; los exploratorios son los que se realizan con un objetivo de examinar el problema de investigación que se ha estudiado. Los investigadores del tema estudiado se pretenden analizar los fenómenos desconocidos o que son de novedad.

“Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo

una investigación más completa respecto de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.

Esta clase de estudios son comunes en la investigación, sobre todo en situaciones donde existe poca información”. (Hernández y cols. 2010: 79).

Menciona Hernández y cols. (2010), que los estudios descriptivos tratan de buscar especificar las propiedades, las características de personas, grupos, comunidades, procesos, u otros fenómenos que se estudian o se someten a un análisis, el cual pretenden recoger información de manera independiente sobre las variables.

Los estudios descriptivos son específicos para mostrar de forma precisa los valores o dimensiones del fenómeno en análisis.

4.3.- Diseño de la investigación.

A partir de que el problema de investigación fue planteado, se definió el alcance y en la cual se formularon hipótesis, Hernández y cols. (2010), dice que el investigador debe visualizar de manera más práctica y resolver las preguntas de investigación como también cubrir los objetivos fijados. El término diseño se refiere a la estrategia admitida para obtener la información que se desea.

“El diseño constituirá el plan o estrategia para confirmar si es o no cierto que le resultó atractivo, el plan incluirá procedimientos y actividades tendientes a encontrar respuesta al a pregunta de investigación.” (Hernández y cols. 2010: 120).

Para ello, existen varias formas de diseño de investigación que son el experimental, cuasi-experimental y el no experimental que se divide en transversal y longitudinal.

En esta investigación su diseño es experimental por la razón que se pretende saber el comportamiento del concreto compactado con rodillo utilizado en las cortinas de las presas, colocado ahora en la construcción de pavimentos.

Para referirnos al diseño experimental, Hernández y cols. (2010) define como experimento en forma general al elegir o realizar una acción y después observar las consecuencias que cause esta acción, y por el lado particular, tiene un sentido más científico, el cual se refiere al estudio en el que se manipulan intencionalmente una de las variables o varias de ellas.

"Creswell (2009), denomina a los experimentos como estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Es posible experimentar con seres humanos, seres vivos y ciertos objetos.

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.” (Hernández y cols. 2010: 121).

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Ya teniendo la información teórica de la investigación, ahora bien, se realizan las pruebas de experimentación para comprobar la teoría mencionada en los capítulos anteriores. Para esto se utilizan las pruebas “índice” del estudio de mecánica de suelos.

Para realizar la prueba del concreto compactado con rodillo, a diferencia del convencional, se hace una prueba más, la cual es la “prueba de consistencia Vebe”, la cual, de acuerdo con Ramírez, en el artículo Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, (2012), según el método 1-ASTM C 1170, es el tiempo de vibración que es necesario para que la pasta de la mezcla del concreto salga alrededor del disco compactador, y está dentro del rango de segundos especificados en la norma, se dice que la pasta está correctamente elaborada.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se refiere a la pavimentación con el concreto compactado con rodillo de las calles ubicadas en la Zona Oriente de la Ciudad de Uruapan del Progreso, en el estado de Michoacán.

El progreso de esta investigación, tiene como objetivo la construcción de los pavimentos de una forma más económica, ya que la zona mencionada, es la parte de la ciudad donde existe la población con menores recursos.

5.1.- Prueba de calidad del material.

En esta investigación realizó estudio sobre el suelo en que se encuentra la zona Oriente, solo se realizó una muestra del material y en el laboratorio se realizó la granulometría por lavado, y el resultado se comparó con la tesis realizada por Olivia Vianey Martínez Najjar con el nombre de “Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos de la zona Oriente de la ciudad de Uruapan Michoacán”, comprobando de esta manera que se tiene el mismo tipo de material.

Después se realizó la visita al Banco de material de Paracho “Hermanos Vargas”, llevándose así diferentes costales de material como son la arena, grava $\frac{3}{4}$ ”, $\frac{1}{2}$ ” y sello. Y a cada una se le hizo la prueba de calidad del material mediante el cribado con diferentes muestras del material en un laboratorio, donde facilitaron las

instalaciones de la empresa que lleva por nombre Alan Daniel Maldonado Ramos, “lgac”.

A continuación se muestran en las imágenes siguientes como se realizaron las pruebas de calidad de la arena y grava, son el mismo procedimiento.



Fotografía 5.1.- Banco de Paracho
“Hermanos Vargas”
Fuente: Propia



Fotografía 5.2.- Dividir la muestra de arena
para que la sea más representativo.
Fuente: Propia



Fotografía 5.3.- Pesar una cantidad
representativa y cribar.
Fuente: Propia



Fotografía 5.5.- Pesar la arena de cada que quedo en cada malla.
Fuente: Propia



Fotografía 5.5.- Pesar la arena de cada que quedo en cada malla.
Fuente: Propia



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

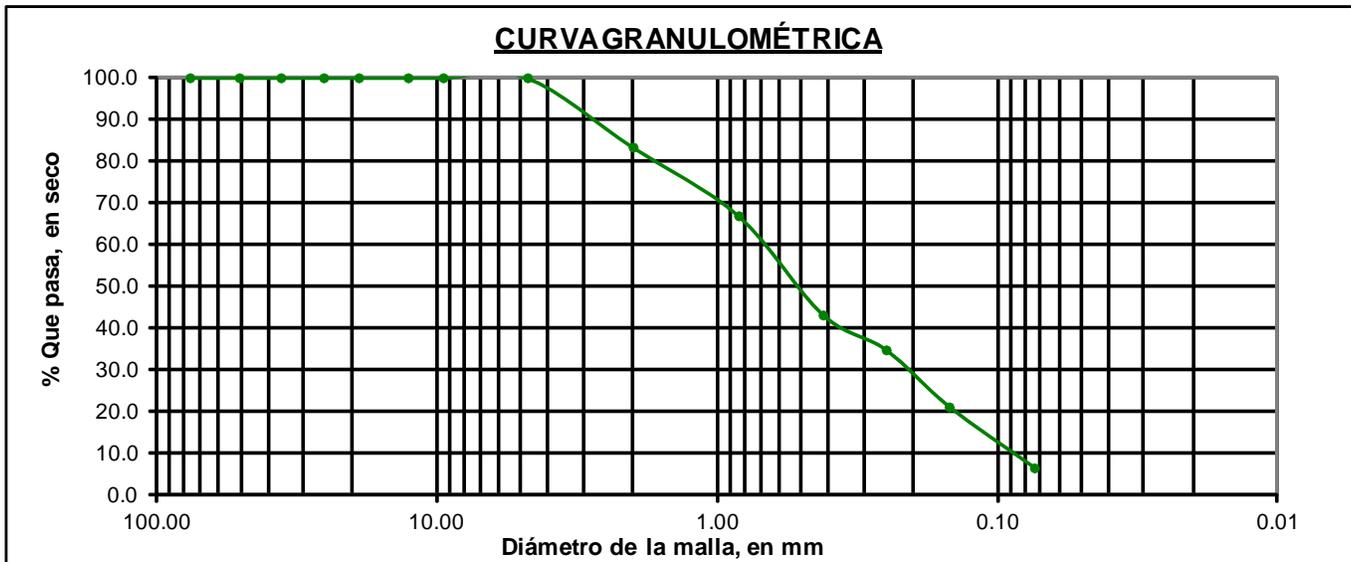


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Obra: **COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO CONTRA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES DE LA ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.**

No. Ensaye: 1 Sondeo No. - Método empleado: Completa Fecha: 21-ago-14
 Muestra No.: 1 Prof. (m): - Peso seco (gr): - Peso Neto (kg): 4.685 Vol. Molde: -
 Operador: González Calculista: González Peso volumétrico (ton/m³): 1.57 Humedad Natural (%): -
 Descripción visual del material: Arena Cribada, color negro.

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura malla (mm)	Malla (pulg)	Peso retenido (kgs)	%Retenido Parcial	%parcial pasa malla	Abertura malla (mm)	Malla (núm.)	Peso retenido (kgs)	%Retenido Parcial	%parcial pasa malla
76.2	3"	0.0000	0.00	100.00					
50.8	2"	0.0000	0.00	100.00	2	10	778.90	16.63	83.37
36.1	1 1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.84	20	769.80	16.43	66.94
25.4	1"	0.0000	0.00	100.00	0.42	40	1112.10	23.74	43.21
19.05	3/4"	0.0000	0.00	100.00	0.25	60	392.40	8.38	34.83
12.7	1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.149	100	638.90	13.64	21.19
9.52	3/8"	0.0000	0.00	100.00	0.074	200	684.00	14.60	6.59
4.76	No. 4	0.0000	0.00	100.00		Pasa 200	308.90	6.59	0.00
	Pasa No. 4	4.6850	100.00	0.00		Suma:	4685.00	100.00	
	Suma:	4.685	100.00						



$D_{10} = 0.09$ $D_{30} = 0.23$ $D_{60} = 0.68$

$C_u = D_{60}/D_{10} = 7.56$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) = 0.86$

Gravas $C_u > 4$ En gravas y arenas $C_c = 1$ a 3
 Arenas $C_u > 6$

Resultados (%)	
> a 3" =	0.0%
G(gravas) =	0.0%
S (arena) =	93.4%
F (fino) =	6.6%

Clasificación granulométrica : SW Arena Bien Graduada



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

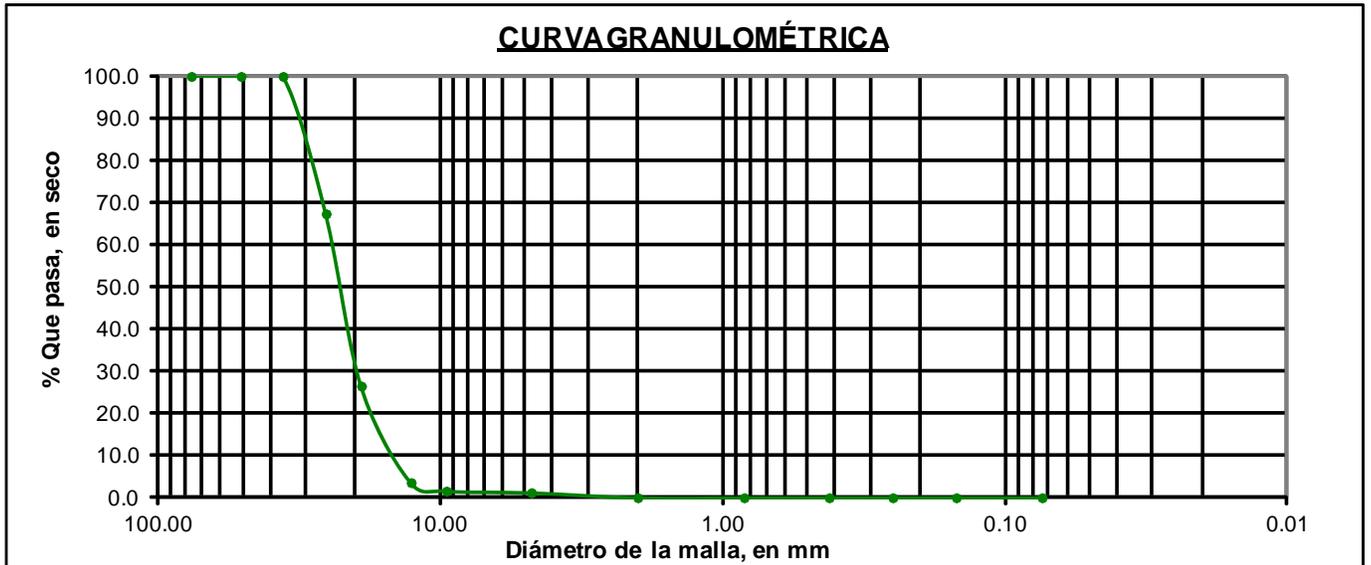


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Obra: **COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO CONTRA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES DE LA ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.**

No. Ensaye: 2 Sondeo No. - Método empleado: Completa Fecha: 22-ago-14
 Muestra No.: 1 Prof. (m): - Peso seco (gr): - Peso Neto (kg): 10.000 Vol. Molde: -
 Operador: González Calculista: González Peso volumétrico (ton/m³): 1.32 Humedad Natural (%): -
 Descripción visual del material: Grava producto de criba (3/4")

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura malla (mm)	Malla (pulg)	Peso retenido (kgs)	% Retenido Parcial	% parcial pasa malla	Abertura malla (mm)	Malla (núm.)	Peso retenido (kgs)	% Retenido Parcial	% parcial pasa malla
76.2	3"	0.0000	0.00	100.00					
50.8	2"	0.0000	0.00	100.00	2	10	0.00	0.00	0.00
36.1	1 1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.84	20	0.00	0.00	0.00
25.4	1"	3.2600	32.60	67.40	0.42	40	0.00	0.00	0.00
19.05	3/4"	4.0900	40.90	26.50	0.25	60	0.00	0.00	0.00
12.7	1/2"	2.2900	22.90	3.60	0.149	100	0.00	0.00	0.00
9.52	3/8"	0.2009	2.01	1.59	0.074	200	0.00	0.00	0.00
4.76	No. 4	0.0390	0.39	1.20		Pasa 200	0.00	0.00	0.00
	Pasa No. 4	0.1200	1.20	0.00		Suma:	0.00	0.00	
	Suma:	10.000	100.00						



$D_{10} = 16.00$

$D_{30} = 20.00$

$D_{60} = 24.00$

$C_u = D_{60}/D_{10} = 1.50$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) = 1.04$

Gravas $C_u > 4$
Arenas $C_u > 6$

En gravas y arenas $C_c = 1$ a 3

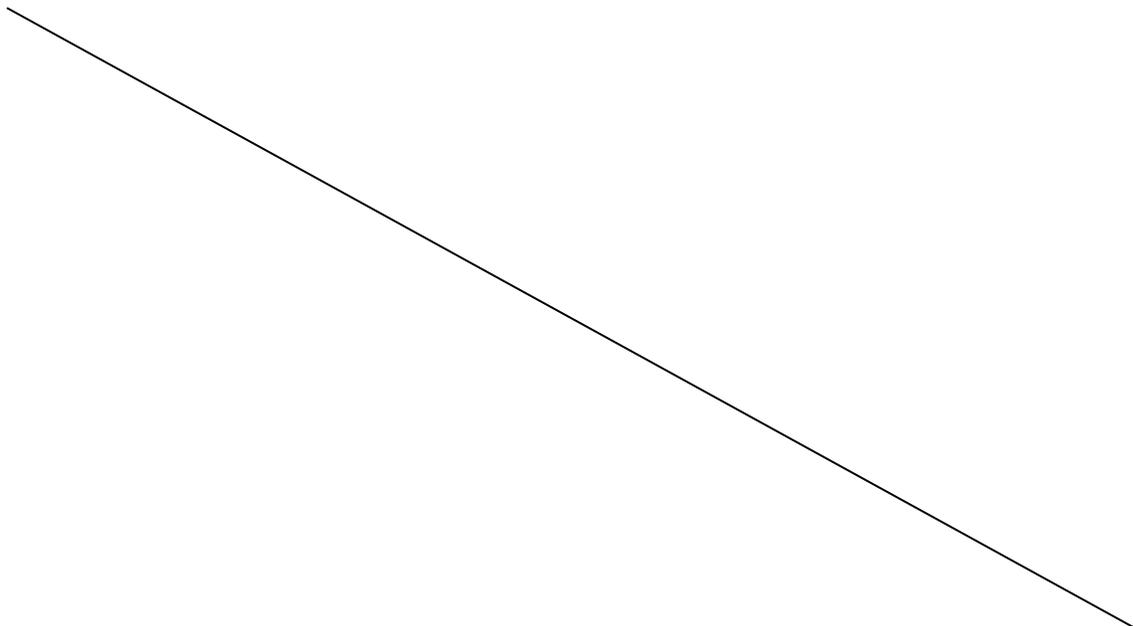
Resultados (%)	
> a 3"	0.0%
G(gravas)	98.8%
S (arena)	1.2%
F (fino)	0.0%

Clasificación granulométrica : GW Grava Bien Graduada

5.2.- Proporción de la mezcla.

Como se mencionó en el capítulo 2 de la presente investigación los agregados para la mezcla del concreto compactado con rodillo, es el mismo que el convencional, porque contiene grava, arena, agua, y algún aditivo en el que se requiera. Pero en cambio la proporción, es decir, la cantidad en la que se requiere el material varía.

La diferencia de este concreto de estudio al convencional, el tamaño del agregado varía, el cual debe ser de tamaño menor, contiene arena, el cemento y también se le agrega la puzolana o ceniza volátil, el cual hace que la mezcla contenga la cantidad mínima de espacios vacíos, así como la cantidad de agua es reducida dando como resultado una mezcla bastante espesa parecida a una plastilina; esto es, con el fin de que tenga una mayor compactibilidad al pasar el rodillo vibratorio. A continuación se muestra una imagen de cómo es la diferencia de ambos concretos.



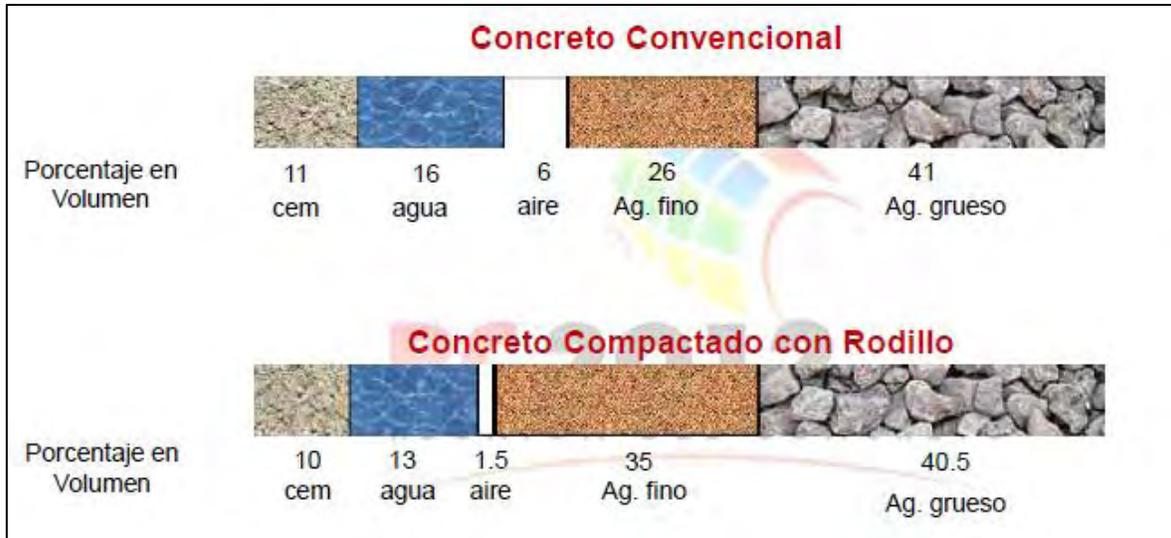


Imagen 5.2.1.- Diferencia básica entre el CCR y el convencional.

Fuente: Artículo "Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX, 2012."

5.3.- Pruebas del concreto hidráulico convencional.

A continuación se mostrarán las siguientes tablas en las cuales se indican los resultados de las pruebas realizadas con los especímenes del concreto hidráulico convencional para conocer la resistencia alcanzada después de estar sumergido en agua, a los 7 días, 14 días y 28 días.



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN CONCRETO HIDRAULICO.

TIPO DE OBRA:	COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO	RECIBO:	04/08/2014
LOCALIZACIÓN:	CONTRA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES DE LA ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.	INFORME:	11/08/2014
		EXPEDIENTE:	CON.CONV.-1

Resistencia de Proyecto: 250 Kg/cm²

<i>Cemento</i>	Tipo y Marca :	Cemento Tolteca Extra			
<i>Agregados</i>	Grava-Arena	Arena	Agua	Relacion Agua/Cemento:	Observación
Proporcion:	5	4			
Tipo:	Bco. Paracho	Bco. Paracho	Sitio		
<i>Aditivo</i>	NA	Objetivo del uso y Cantidad:	NA	Relación Agua / cemento :	Ninguna
Marca y Tipo:					

Número de Ensaye :		C 01	C 02	C 03	C 04
Muestra para el elemento:	Losa de Pavimento (muestra tomada al inicio del colado)				
Equipo de Mezclado :	Revolvedora de 1 saco				
Elemento usado para Vibrado:	VIBRADOR DE INMERSION				
Prueba de Revenimiento (cm):	13.00				
DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS CILINDRO	Diámetro (cm):	15.00			Muestra de reserva
	Área (cm ²):	176.72			
	Peso (Kg):	11.00			
	Peso Vol. (Kg/m ³):	2074.90			
	Fecha de Ensaye:	11-08-14	18-08-14	01-09-14	
Edad Prueba (días):	7	14	28		

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Carga de Falla Kg:	32,600.00			Muestra de reserva
Resistencia en kg/cm ² :	184.48			
Grado de Resistencia de Proyecto:	74%			
Grado de Resistencia recomendado:	72%			
Revisión de Prueba:	Aceptable			

Tipo de Prueba: Compresión Axial Simple
 Procedimiento de Curado: Inmersión en agua.

NOTAS Y OBSERVACIONES:
 Las Normas Utilizadas en esta Prueba fueron las siguientes:
 NMX-C-83, NMX-C-159, NMX-C-160, NMX-C-161, NMX-C-156, NMX-C-109
La prueba realizada a los 7 días es Aceptable con la resistencia recomendada en las normas



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN CONCRETO HIDRAULICO.

TIPO DE OBRA:	COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO	RECIBO:	04/08/2014
LOCALIZACIÓN:	CONTRA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES DE LA ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.	INFORME:	18/08/2014
		EXPEDIENTE:	CON.CONV.-1

Resistencia de Proyecto: 250 Kg/cm²

<i>Cemento</i>	Tipo y Marca :	Cemento Tolteca Extra			
<i>Agregados</i>	Grava-Arena	Arena	Agua	Relacion Agua/Cemento:	Observación
Proporcion:	5	4			
Tipo:	Bco. Paracho	Bco. Paracho	Sitio		
<i>Aditivo</i>	NA	Objetivo del uso y Cantidad:	NA	Relación Agua / cemento :	Ninguna
Marca y Tipo:					

Número de Ensaye :		C 01	C 02	C 03	C 04
Muestra para el elemento:	Losa de Pavimento (muestra tomada al inicio del colado)				
Equipo de Mezclado :		Revolvedora de 1 saco			
Elemento usado para Vibrado:		VIBRADOR DE INMERSION			
Prueba de Revenimiento (cm):		13.00			
DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS CILINDRO	Diámetro (cm):	15.00	15.00		Muestra de reserva
	Área (cm ²):	176.72	176.72		
	Peso (Kg):	11.00	12.00		
	Peso Vol. (Kg/m ³):	2074.90	2263.53		
	Fecha de Ensaye:	11-08-14	18-08-14	01-09-14	
Edad Prueba (días):	7	14	28		

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Carga de Falla Kg:	32,600.00	39,200.00		Muestra de reserva
Resistencia en kg/cm ² :	184.48	221.83		
Grado de Resistencia de Proyecto:	74%	89%		
Grado de Resistencia recomendado:	72%	87%		
Revisión de Prueba:	Aceptable	Aceptable		
Tipo de Prueba: Compresión Axial Simple				
Procedimiento de Curado: Inmersión en agua.				

NOTAS Y OBSERVACIONES:

Las Normas Utilizadas en esta Prueba fueron las siguientes:
 NMX-C-83, NMX-C-159, NMX-C-160, NMX-C-161, NMX-C-156, NMX-C-109

La prueba realizada a los 14 dias es Aceptable con la resistencia recomendada en las normas



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN CONCRETO HIDRAULICO.

TIPO DE OBRA:	COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO	RECIBO:	04/08/2014
LOCALIZACIÓN:	CONTRA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES DE LA ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.	INFORME:	18/08/2014
		EXPEDIENTE:	CON.CONV.-1

Resistencia de Proyecto: 250 Kg/cm²

<i>Cemento</i>	Tipo y Marca : Cemento Tolteca Extra				
<i>Agregados</i>	Grava-Arena	Arena	Agua	Relacion	Observación
Proporcion:	5	4		Agua/Cemento:	
Tipo:	Bco. Paracho	Bco. Paracho	Sitio		
<i>Aditivo</i>	Objetivo del uso		Relación	Ninguna	
Marca y Tipo:	NA	y Cantidad:	NA		Agua / cemento :

Número de Ensaye :		C 01	C 02	C 03	C 04
Muestra para el elemento:	Losa de Pavimento (muestra tomada al inicio del colado)				
Equipo de Mezclado :		Revolvedora de 1 saco			
Elemento usado para Vibrado:		VIBRADOR DE INMERSION			
Prueba de Revenimiento (cm):		13.00			
DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS CILINDRO	Diámetro (cm):	15.00	15.00	15.00	Muestra de reserva
	Área (cm ²):	176.72	176.72	176.72	
	Peso (Kg):	11.00	12.00	11.80	
	Peso Vol. (Kg/m ³):	2074.90	2263.53	2225.81	
	Fecha de Ensaye:	11-08-14	18-08-14	01-09-14	
	Edad Prueba (días):	7	14	28	

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Carga de Falla Kg:	32,600.00	39,200.00	45,200.00	Muestra de reserva
Resistencia en kg/cm ² :	184.48	221.83	255.78	
Grado de Resistencia de Proyecto:	74%	89%	102%	
Grado de Resistencia recomendado:	72%	87%	100%	
Revisión de Prueba:	Aceptable	Aceptable	Aceptable	
Tipo de Prueba: Compresión Axial Simple				
Procedimiento de Curado: Inmersión en agua.				

NOTAS Y OBSERVACIONES:
 Las Normas Utilizadas en esta Prueba fueron las siguientes:
 NMX-C-83, NMX-C-159, NMX-C-160, NMX-C-161, NMX-C-156, NMX-C-109

La prueba realizada a los 28 días es Aceptable con la resistencia recomendada en las normas

En las siguientes imágenes se muestra la prueba que se le realizó a los cilindros para ver la resistencia de cada uno de los cilindros.



Fotografía 5.3.1.- Prueba de resistencia para un espécimen de concreto convencional.
Fuente: Propia

5.4.- Pruebas del concreto compactado con rodillo.

Para realizar los cilindros del concreto compactado con rodillo, se utiliza una técnica diferente el cual la norma C1435/C1435m-08 indica que los cilindros se elaboran con una placa que se coloca en un rotomartillo, con especificaciones que marca la norma mencionada anteriormente. El fin de esta placa con el rotomartillo, es hacer la función de un rodillo compactador, a escala, este rotomartillo debe tener como mínimo 900 watts de potencia y se ajusta a que de 2000 ± 200 impactos por minuto; todo esto lo indica la norma C1435/C1435m-08.

En la imagen 5.4.1 se muestra el rotomartillo con la placa.



Fotografía 5.4.1. Placa con rotomartillo.
Fuente: Propia

A continuación se muestran las siguientes imágenes se indica cómo se fueron elaborando los especímenes de concreto compactado con rodillo. Se utilizó una revolvedora para mezclar los agregados y lograr que esté bien hecha la mezcla; si se realiza con pala, no se podrían mezclar los agregados y obtener la mezcla adecuada, porque con tiene un porcentaje mucho menor de agua, contenido de finos mayor a la de un convencional.

Para realizar los especímenes de CCR, con el rotomartillo ya ajustado según la norma mencionada anteriormente, y para realizar los especímenes siguiendo la norma, se llena el molde en 4 partes, cada parte se va a compactar con la placa usando el rotomartillo, contando 20 segundos, hasta llegar hasta llenar el molde, procurando que con esas 4 quede bien. Una nota importante es realizar lo más rápido que se pueda, ya que la mezcla contiene poca agua y evitar que se fuese a

fraguar antes de tiempo, debido a esto se utiliza el aditivo retardante, pero en este caso no se utilizó.

Después se dejaron en el sitio que se realizaron para que fraguaran correctamente, al día siguiente se recogieron, para conocer la resistencia alcanzada después de estar sumergido en agua, a los 3 días, 5 días, 7 días, 14 días, 28 días, 56 días y 90 días.



Fotografía 5.4.2.- Preparación de la mezcla de CCR en revolvedora.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.3.- Vaciado de la mezcla de CCR para realizar los especímenes.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.4.- Sirviendo la mezcla de CCR en moldes.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.5.- Realización de los especímenes de CCR.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.6.- Ocho especímenes de la mezcla de CCR, recién terminados.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.7.- Especímenes al día siguiente de hacerse, listos para desmoldarse y sumergirse en agua
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.8.- Pesando el espécimen de CCR.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.9.- Preparando el azufre con el equipo de protección adecuada.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.10.- Cabeceador de especímenes con azufre derretido.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.11.- Espécimen ya cabeceado con el azufre.
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.12.- Espécimen colocado en la prensa para realizar la prueba de resistencia
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.13.- Espécimen después de la prueba de resistencia
Fuente: Propia



Fotografía 5.4.14.- Resistencia del espécimen a los 3 días en toneladas.
Fuente: Propia

En las siguientes dos tablas se indican cómo fueron las resistencias de los especímenes de concreto compactado con rodillo en los días indicados anteriormente por la norma.



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN CCR.

TESIS: COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO CONTRA EL CONCRETO TIPO DE OBRA: COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES LOCALIZACIÓN: ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.	RECIBO: 17/10/2015 INFORME: 20/10/2015 EXPEDIENTE: CON.CCR.
---	---

Resistencia de Proyecto: 250 Kg/cm²

<i>Cemento</i>	Tipo y Marca : Cemento TOLTECA CPC 30				
<i>Agregados</i>	Grava 3/4	Grava 1/2	Arena	Agua	Relacion Agua/Cemento:
Proporcion:	0.87	0.15	0.4	6.24 lts	
Tipo:	Bco. Paracho	Bco. Paracho	Bco. Paracho	Sitio	
<i>Aditivo</i>	NA	Objetivo del uso	NA	Relación	-
Marca y Tipo:		y Cantidad:		Agua / cemento :	

Número de Ensaye :		C 01	C 02	C 03	C 04
Muestra para el elemento:	Losa de Pavimento (muestra tomada al inicio del colado)				
Equipo de Mezclado :	Revolvedora de 1 saco				
Elemento usado para Vibrado:					
Prueba de Revenimiento (cm):	0.00				
DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS CILINDRO	Diámetro (cm):	15.00	15.00	15.00	15.00
	Área (cm ²):	176.72	176.72	176.72	176.72
	Peso (Kg):	11.90	11.75	11.70	11.95
	Peso Vol. (Kg/m ³):	2405.00	2374.69	2364.58	2415.11
	Fecha de Ensaye:	20-10-15	22-10-15	24-10-15	31-10-15
Edad Prueba (días):	3	5	7	14	

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Carga de Falla Kg:	34,440.00	39,900.00	45,450.00	47,100.00
Resistencia en kg/cm ² :	194.89	225.79	257.19	266.53
Grado de Resistencia de Proyecto:	78%	90%	103%	107%
Grado de Resistencia recomendado:	72%	87%	100%	100%
Revisión de Prueba:	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tipo de Prueba: Compresión Axial Simple
 Procedimiento de Curado: Inmersión en agua.

NOTAS Y OBSERVACIONES:
 Las Normas Utilizadas en esta Prueba fueron las siguientes:
 C1435/C1435M-08
La prueba realizada a los 3 días es superior con la resistencia recomendada en las normas



UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.
 INCORPORADA A LA U.N.A.M.
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN CCR.

TESIS: COMPARATIVA TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO CONTRA EL CONCRETO TIPO DE OBRA: COMPACTADO CON RODILLO EN LAS PAVIMENTACIONES LOCALIZACIÓN: ZONA ORIENTE DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN. - _____	RECIBO: 17/10/2015 INFORME: 14/11/2015 EXPEDIENTE: CON.CCR.
--	---

Resistencia de Proyecto: 250 Kg/cm²

<i>Cemento</i>	Tipo y Marca :	Cemento TOLTECA CPC 30			
<i>Agregados</i> Proporcion: Tipo:	Grava 3/4	Grava 1/2	Arena	Agua	Relacion Agua/Cemento:
	0.87 Bco. Paracho	0.15 Bco. Paracho	0.4 Bco. Paracho	6.24 lts Sitio	
<i>Aditivo</i> Marca y Tipo:	NA	Objetivo del uso y Cantidad:	NA	Relación Agua / cemento :	-

Número de Ensaye :		C 05	C 06	C 07	C 08
Muestra para el elemento:	Losa de Pavimento (muestra tomada al inicio del colado)				
Equipo de Mezclado :		Revolvedora de 1 saco			
Elemento usado para Vibrado:					
Prueba de Revenimiento (cm):		0.00			
DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS CILINDRO	Diámetro (cm):	15.00	15.00	15.00	
	Área (cm ²):	176.72	176.72	176.72	
	Peso (Kg):	11.65	11.50	11.00	
	Peso Vol. (Kg/m ³):	2354.48	2324.16	2223.11	
	Fecha de Ensaye:	14-11-15	12-12-15	15-01-16	
	Edad Prueba (días):	28	56	90	

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Carga de Falla Kg:	49,300.00	49,900.00	51,000.00
Resistencia en kg/cm ² :	278.98	282.38	288.60
Grado de Resistencia de Proyecto:	112%	113%	115%
Grado de Resistencia recomendado:	100%	100%	100%
Revisión de Prueba:	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tipo de Prueba: Compresión Axial Simple
 Procedimiento de Curado: Inmersión en agua.

NOTAS Y OBSERVACIONES:
 Las Normas Utilizadas en esta Prueba fueron las siguientes:
 C1435/C1435M-08

5.5.-Presupuesto de Pavimento con concreto convencional a 110mts.

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 0.00
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
PRE-01	DESPALME, LIMPIA, TRAZO Y NIVELACION DE SUPERFICIE, CON EQUIPO MECANICO (ESTACION TOTAL), ESTABLECIENDO EJES, REFERENCIA Y NIVELES, P.U.O.T.	M2	757.68	TRECE PESOS 92/100 M.N.	\$ 13.92	\$ 10,546.91
PRE-012	RETIRO DE MATERIALES PRODUCTO DE LIMPIEZA Y DESPALME	M2	757.68	DOCE PESOS 97/100 M.N.	\$ 12.97	\$ 9,827.11
PRE-03	TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACIÓN	M2	265.19	TRECE PESOS 28/100 M.N.	\$ 13.28	\$ 3,521.72
EXC	EXCAVACIÓN PARA APERTURA DE CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS EN MATERIAL TIPO B DE 0.00 A 2.00 M DE PROFUNDIDAD	M3	344.74	DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 63/100 M.N.	\$ 276.63	\$ 95,365.43
ACA	CARGA MECÁNICA Y ACARREC CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN DE CORTES ADICIONALES ABAJO DE LAS SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE	M3	344.74	VEINTISIETE PESOS 61/100 M.N.	\$ 27.61	\$ 9,518.27
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 128,779.44	
				Importe Acumulado :	\$ 128,779.44	
CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 128,779.44
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
SBACA	CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRETAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES INCLUYE 30% DE ABUNDAMIENTO. P.U.O.T. SOBREA CARREO KM SUBSECUENTES CON EQUIPO MECÁNICO DE MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTES ADICIONALES, ABAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA, DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRETAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y DEL AGUA EMPLEADA EN LAS COMPACTACIONES, POSTERIORES AL ACARREO LIBRE, INCLUYE: LA MANO DE OBRA Y EL EQUIPO	M3/KM	1,034.25	NUEVE PESOS 35/100 M.N.	\$ 9.35	\$ 9,670.24
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 9,670.24	
				Importe Acumulado :	\$ 138,449.68	

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 138,449.68
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
COMP	NECESARIO, P.U.O.T. AFINE Y COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 100% AASTHO ESTÁNDAR, POR MEDIOS MECÁNICOS	M2	757.68	CATORCE PESOS 2/100 M.N.	\$ 14.02	\$ 10,622.67
BASEH	FORMACIÓN DE BASE HIDRÁULICA CON EQUIPO MECÁNICO Y MATERIAL TRITURADO DE 3/4" A FINOS, DE 20 CMS DE ESPESOR, COMPACTADO AL 100% DE LA PRUEBA AASTHO MODIFICADO, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACIÓN DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIDO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.	M3	732.04	CUATROCIENTOS NUEVE PESOS 13/100 M.N.	\$ 409.13	\$ 299,499.53
COLC	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO 15 CM DE ESPESOR CON UNA RESISTENCIA DE F'C= 250KG/CM²,	M2	732.04	UN MIL CIENTO CUARENTA Y UN PESOS 28/100 M.N.	\$ 1,141.28	\$ 835,462.61
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 1,145,584.81	
				Importe Acumulado :	\$ 1,284,034.49	
CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 1,284,034.49
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
GU	REVENIMIENTO 12 CM, AGREGADO MÁXIMO 3/4" GRAVA TRITURADA Y ARENA, A TIRO DIRECTO EN LOSAS DE 3 x 3 M, INCLUYE: MATERIALES CIMBRADO, DESCIMBRADO, VACIADO, NIVELADO, REGLEADO, VIBRADO, CURADO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA; CORTE EN LOSAS DE CONCRETO A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3.00 M DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSAL; CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE, INCLUYE: LIMPIEZA, ACABADO TEXTURIZADO CON PEINE HASTA 3 MM DE PROFUNDIDAD Y BOLEADO EN REMATES 2" EN LOSAS DE PAVIMENTO P.U.O.T. GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO, FC=	ML	220.00	UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES PESOS 61/100 M.N.	\$ 1,393.61	\$ 306,594.20

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 1,590,628.69
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN
				CON LETRA	CON NÚMERO	PESOS
	250 KG/CM², DE 15 X 30 CMS DE SECCIÓN TRANSVERSAL, R.N. TMA DE 19 MM (3/4"), INCLUYE: MATERIALES, EQUIPO, ACARREOS, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA. CORTE EN LOSAS DE CONCRETO Y GUARNICIONES A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3MTS DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSA , CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE , INCLUYE LIMPIEZA P.U.O.T.					
LIM	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBR INCLUYE CURADO DEL PAVIMENTO CONVENCIONAL	M2	757.68	CUATRO PESOS 41/100 M.N.	\$ 4.41	\$ 3,341.37
Total del Presupuesto						\$ 1,593,970.06
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Parcial de esta Hoja :		\$ 3,341.37
				Importe Acumulado :		\$ 1,593,970.06

5.6.- Presupuesto de Pavimento con Concreto Compactado con Rodillo a

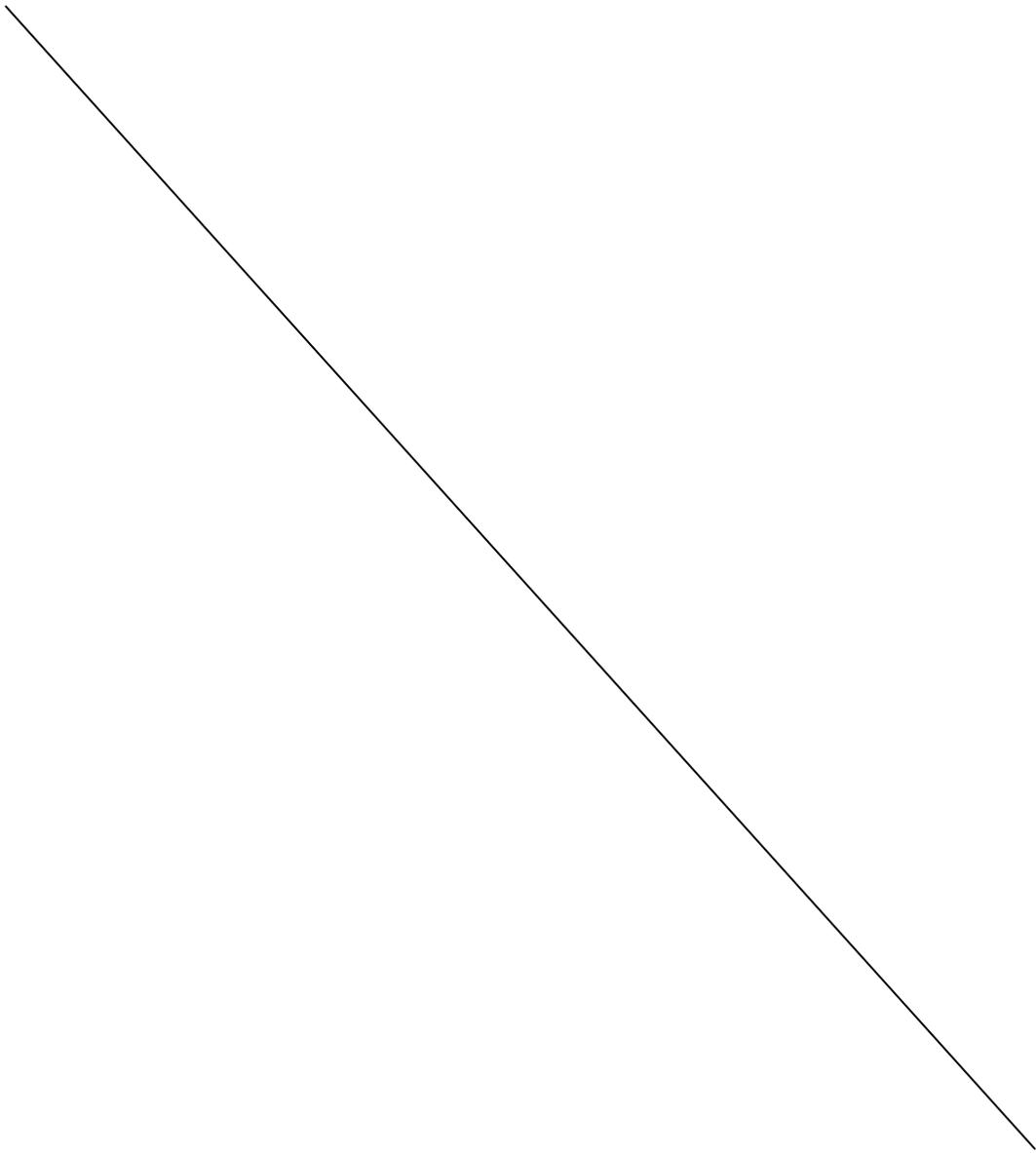
CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 0.00
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
PRE-01	DESPALME, LIMPIA, TRAZO Y NIVELACION DE SUPERFICIE, CON EQUIPO MECANICO (ESTACION TOTAL), ESTABLECIENDO EJES, REFERENCIA Y NIVELES, P.U.O.T.	M2	757.68	TRECE PESOS 92/100 M.N.	\$ 13.92	\$ 10,546.91
PRE-02	RETIRO DE MATERIALES PRODUCTO DE LIMPIEZA Y DESPALME	M2	757.68	DOCE PESOS 97/100 M.N.	\$ 12.97	\$ 9,827.11
PRE-03	TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACIÓN	M2	265.19	TRECE PESOS 28/100 M.N.	\$ 13.28	\$ 3,521.72
EXC	EXCAVACIÓN PARA APERTURA DE CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS EN MATERIAL TIPO B DE 0.00 A 2.00 M DE PROFUNDIDAD.	M3	344.74	DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 63/100 M.N.	\$ 276.63	\$ 95,365.43
ACA	CARGA MECÁNICA Y ACARREC CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN DE CORTES ADICIONALES ABAJO DE LAS SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE	M3	344.74	VEINTISIETE PESOS 61/100 M.N.	\$ 27.61	\$ 9,518.27
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Parcial de esta Hoja :		\$ 128,779.44
				Importe Acumulado :		\$ 128,779.44
CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 128,779.44
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
SBACA	CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES INCLUYE 30% DE ABUNDAMIENTO. P.U.O.T. SOBRECARRIO KM SUBSECUENTES CON EQUIPO MECÁNICO DE MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTES ADICIONALES, ABAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA, DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y DEL AGUA EMPLEADA EN LAS COMPACTACIONES, POSTERIORES AL ACARREO LIBRE, INCLUYE LA MANO DE OBRA Y EL EQUIPO	M3/KM	1,034.25	NUEVE PESOS 35/100 M.N.	\$ 9.35	\$ 9,670.24
Concursante:		Firma Representante Legal		Importe Parcial de esta Hoja :		\$ 9,670.24
				Importe Acumulado :		\$ 138,449.68

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 138,449.68
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
COMP	NECESARIO, P.U.O.T. AFINE Y COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 100% AASTHO ESTÁNDAR, POR MEDIOS MECÁNICOS	M2	757.68	CATORCE PESOS 2/100 M.N.	\$ 14.02	\$ 10,622.67
BASEH	FORMACIÓN DE BASE HIDRÁULICA CON EQUIPO MECÁNICO Y MATERIAL TRITURADO DE 3/4" A FINOS, DE 20 CMS DE ESPESOR, COMPACTADO AL 100% DE LA PRUEBA AASTHO MODIFICADO, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACIÓN DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIDO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.	M3	732.04	CUATROCIENTOS NUEVE PESOS 13/100 M.N.	\$ 409.13	\$ 299,499.53
COLC	COLOCACIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO CON PAVIMENTADORA, 15 CM DE ESPESOR, T.M.A. DE AGREGADO,	M2	732.04	DOS MIL QUINIENTOS DIEZ Y SEIS PESOS 30/100 M.N.	\$ 2,516.30	\$ 1,842,032.25
CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 2,290,604.13
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
GU	INCLUYE MATERIAL DE BANCO, ACARREO AL SITIO DE OBRA, TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 100%, CURADO DE LA CARPETA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO CON PIPA GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO, FC= 250 KG/CM², DE 15 X 30 CMS DE SECCIÓN TRANSVERSAL, R.N. T.M.A. DE 19 MM (3/4"), INCLUYE: MATERIALES, EQUIPO, ACARREOS, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA. CORTE EN LOSAS DE CONCRETO Y GUARNICIONES A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3MTS DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSA, CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE, INCLUYE LIMPIEZA P.U.O.T.	ML	220.00	UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES PESOS 61/100 M.L	\$ 1,393.61	\$ 306,594.20
				Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 306,594.20	
Concursante:			Firma Representante Legal		Importe Acumulado :	\$ 2,597,198.33
CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 2,597,198.33
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
LIM	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBR INCLUYE CURADO DEL PAVIMENTO DE CCR	M2	757.68	CUATRO PESOS 41/100 M.N.	\$ 4.41	\$ 3,341.37
Total del Presupuesto						\$ 2,600,539.70
				Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 3,341.37	
Concursante:			Firma Representante Legal		Importe Acumulado :	\$ 2,600,539.70

Tabla 5.1.- Comparativa de resultados de presupuestos de concreto convencional y CCR.
Fuente: Propia

	CONCEPTOS	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Pav. Convencional	Precio Unitario Pav. CCR
1	DESPALME, LIMPIA, TRAZO Y NIVELACION DE SUPERFICIE, CON EQUIPO MECANICO (ESTACION TOTAL), ESTABLECIENDO EJES, REFERENCIA Y NIVELES, P.U.O.T.	M2	757.68	13.92	13.92
2	RETIRO DE MATERIALES PRODUCTO DE LIMPIEZA Y DESPALME	M2	757.68	12.97	12.97
3	TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACIÓN	M2	757.68	13.28	13.28
4	EXCAVACIÓN PARA APERTURA DE CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS EN MATERIAL TIPO B DE 0.00 A 2.00 M DE PROFUNDIDAD.	M3	265.19	276.63	276.63
5	CARGA MECÁNICA Y ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN DE CORTES ADICIONALES ABAJO DE LAS SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES INCLUYE 30% DE ABUNDAMIENTO. P.U.O.T.	M3	344.74	27.61	27.61
6	SOBREACARREO KM SUBSECUENTES CON EQUIPO MECÁNICO DE MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTES ADICIONALES, ABAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA, DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y DEL AGUA EMPLEADA EN LAS COMPACTACIONES, POSTERIORES AL ACARREO LIBRE, INCLUYE: LA MANO DE OBRA Y EL EQUIPO NECESARIO, P.U.O.T.	M3/KM	1034.25	9.35	9.35
7	AFINE Y COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 100% AASTHO ESTÁNDAR, POR MEDIOS MECÁNICOS	M2	757.68	14.04	14.02
8	FORMACIÓN DE BASE HIDRÁULICA CON EQUIPO MECÁNICO Y MATERIAL TRITURADO DE 3/4" A FINOS, DE 20 CMS DE ESPESOR, COMPACTADO AL 100% DE LA PRUEBA AASTHO MODIFICADO, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACIÓN DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIDO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.	M3	732.04	409.13	409.13
9	COLOCACIÓN DEL CONCRETO 15 CM DE ESPESOR, T.M.A. DE AGREGADO	M2	732.04	1,141.28	1,939.33
10	GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO, F'c= 250 KG/CM ² , DE 15 X 30 CMS DE SECCIÓN TRANSVERSAL, R.N. T.M.A. DE 19 MM (3/4"), INCLUYE: MATERIALES, EQUIPO, ACARREOS, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA. CORTE EN LOSAS DE CONCRETO Y GUARNICIONES A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3MTS DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSA, CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE, INCLUYE LIMPIEZA P.U.O.T.	ML	220	1,393.61	1,393.61
11	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE CURADO DEL PAVIMENTO DE CCR	M2	757.68	4.41	4.41

En la tabla anterior, se muestra una comparación de los presupuestos, del concreto hidráulico y del concreto compactado con rodillo en pavimento de 110 metros de longitud, que se realizó en esta investigación, donde el presupuesto del pavimento con concreto compactado con rodillo resultó de un precio mucho mayor por ser en un volumen menor, y por lo tanto, un concreto compactado con rodillo en un pavimento, es factible en volúmenes mayores, grandes kilómetros.



CONCLUSIONES

El diseño de un pavimento, ya sea flexible o rígido, son con la finalidad de obtener una estructura que conforma el pavimento cumpliendo con los espesores indicados para recibir las cargas del tránsito y transmitir las hacia el terreno natural.

El pavimento rígido se compone por losas de concreto sobre capas especificadas que son la base, sub-base y el terreno natural, que a diferencia con el concreto compactado con rodillo, el utilizado para esta investigación, no es en losas, sino por capas continuas. Se dice que es un pavimento rígido pero se comporta como uno flexible, es decir, se compone del mismo material que uno que es rígido en la carpeta, pero el comportamiento general es como uno flexible.

El utilizar el concreto compactado con rodillo (CCR) en pavimentos tiene gran variedad de ventajas a comparación del concreto convencional, los cuáles son como la fácil colocación, curación, la utilización de la mano de obra es menor, después de su colocación el tránsito puede acudir en menos días, y tiene alta resistencia y durabilidad.

A la conclusión que se ha llegado durante la investigación, la factibilidad que tiene el concreto compactado con rodillo referente a su resistencia es alta a comparación del convencional ya que el CCR a los 3 días supera el porcentaje recomendado por la normas NMX-C-83, NMX-C-159, NMX-C-160, NMX-C-161, NMX-C-156, NMX-C-109, que es un 72% subiendo a un 78%, mientras que el convencional a los 7 días apenas llega a un 74%; es decir, que el concreto

compactado con rodillo a partir del 3 día seguirá aumentando la resistencia conforme pasa el tiempo.

En la elaboración de los especímenes de concreto compactado con rodillo, se realizaron como se marca en la investigación, es decir, la mezcla se realizó como se marca en el capítulo 2; lo único que varía, es que no se le agregaron los aditivos correspondientes, la ceniza volante o puzolanas; los cuales hacen que la mezcla a la hora de hacer el espécimen tenga una mayor compactación, la consistencia de la mezcla tenga más parecido a una plastilina y el resultado de la resistencia esperada. Como se mencionó antes, en estas pruebas no se agregaron estos aditivos, por lo que se aprecia los espacios vacíos que presenta la prueba, reduciendo un poco la resistencia, pero no por completo, es decir, sigue cumpliendo el porcentaje de resistencia a partir del 3er día aumentando un poco o manteniéndolo con la misma resistencia con los demás días indicados, pero no un porcentaje como se explica en el capítulo 2.

La razón por la que no se utilizaron los aditivos extra al elaborar los especímenes, es porque son caros, por lo que no vale la pena utilizarlos para una pequeña cantidad.

A continuación se explica la conclusión a la que se llegó por medio de un presupuesto que es la relación precio-volumen.

El presupuesto que se realizó en esta investigación de un pavimento con CCR comparándolo con un presupuesto de pavimento convencional, resultó que el precio con el CCR es mayor, porque es en pequeños volúmenes, por lo tanto la única

manera de que un pavimento con CCR sea factible es en volúmenes de grandes cantidades, como en carreteras de grandes distancias o estacionamientos de m² mayores.

Se llegó a concluir que el presupuesto no se redujo el gasto por medio de la lógica, tras un tiempo de revisión del presupuesto y no se logró reducir el costo, y por los ejemplos de la investigación en los capítulos teóricos, con obras ya realizadas en otros países y partes en México como en las carreteras México-Monterrey, Querétaro-México y como los pisos industriales, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Baños Sánchez, Flores Flamenco, Santos Favian, (2012)

Tesis “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una Mezcla de concreto compactado con rodillo”

Ed. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. El Salvador

Department of the army, (2000)

U.S. Army Corps of Engineers

Manual 1110-2-2006

Engineering and Design ROLLER-COMPACTED CONCRETE

Washington, DC 20314-1000

Del Castillo, Rico. (1993)

La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres Volumen 2

8va Edición, México

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

I C O L D

Boletín ICOLD 126: Estado del arte de las presas de HCR (2002)

Comité del hormigón para presas.

Estado del Arte de las presas de hormigón compactado con rodillo

Versión Española.

Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A.C.
Práctica recomendable para la construcción de pavimentos y bases de concreto
(ACI-316-74)

Neville, Adam M. (1995)
Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C (1999).
Tecnología del concreto.
Ed. Imcyc

Olivera Bustamante, Fernando, (1991)
Estructuración de vías terrestres
Ed. Continental, México DF.

Ramírez, María Claudia. (2012)
Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo de CEMEX
CRG – Cemex Research Group.
1ra edición.

Roller-Compacted Mass Concrete
ACI 207.5R-99
Reported by ACI Committee 207

Sánchez Sabogal, Fernando, (1984)
Pavimentos Tomo 1 Fundamentos Teóricos, Guías para el diseño.
1ra edición
Bogotá

Salazar Rodríguez, Aurelio, (1998)
Guía para el diseño y construcción de pavimento rígidos
Instituto Mexicano del y del Concreto. A.C.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
Libro: N-CMT-1-03/02. Características de los materiales
Parte 01.- Materiales para terracerías
Título 03.- Materiales para sub-rasante

Secretaría de obras públicas seminario de pavimentos. (1975)
Estructuración de los pavimentos.
Ponentes: Ing. Guillermo Villegas R. y el Ing. Miguel de Jesús Quintero N.
México DF

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)
El proceso de la investigación científica.
Ed. Limus, México

Otras fuentes.

- **Páginas Electrónicas**

*Normativa del CCR

C 1435/C 1435M- 08

Standard practice for molding Roller-Compacted in Cylinder Molds Using Vibrating Hammer

*Instituto Brasileiro do concreto

www.ibracon.org.br

*Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de materiales y modelos estructurales.

www.lanamme.ucr.ac.cr

*Concreto para presas

El concreto Compactado con Rodillo (CCR)

<http://www.imcyc.com/ct2009/may09/mejor.htm>

*Pavimentos de bajo costo en concreto compactado de rodillo

http://www.asocreto.org.co/rc_2012/memorias/pdf/infraestructura/20_Pavimentos_de_bajo_costo_Maria_Claudia_Ramirez.pdf

*ASTEC

<http://es.astecinc.com>

*ASTM standardization news

http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF12/c0945_spjf12.html

ANEXOS

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave	EQ-COM-05
Descripción	Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 HP, 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 1,713,555.57	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	145.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 1,713,555.57	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 342,711.11	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	16.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.7500	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONOMICA	1,500.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	4,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,500.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	13.63000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.43500 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (1.713.555,57-342.711,11)/1.500,00$		\$ 913.90	\$ 731.12	\$ 731.12
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ $0,16(1.713.555,57+342.711,11)/ (2*1.500,00)$		\$ 109.67	\$ 109.67	\$ 109.67
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He$ $0,03(1.713.555,57+342.711,11)/ (2*1.500,00)$		\$ 21.93	\$ 21.93	\$ 21.93
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,75*913,90$		\$ 685.42	\$ 685.42	\$ 548.34
Cargos Fijos		\$ 1,730.93	\$ 1,548.15	\$ 1,411.06
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $11,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,0140*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/4000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pc $0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
SUMA		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Costo Directo por Hora		\$ 1,730.93	\$ 1,548.15	\$ 1,411.06
UN MIL SETECIENTOS TREINTA PESOS 93/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-EST-01
Descripción ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO CX 105 5

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 85,764.66	TIPO DE COMBUSTIBLE	Sin Motor
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	0.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 85,764.66	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0000
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 12,864.70	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	10.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	8.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.6000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0000
Ve = VIDA ECONÓMICA	4,500.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	0.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,800.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (85.764,66-12.864,70)/4.500,00$		\$ 16.20	\$ 12.96	\$ 12.96
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ 0,10(85.764,66+12.864,70)/ (2*1.800,00)		\$ 2.74	\$ 2.74	\$ 2.74
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2Ht$ 0,08(85.764,66+12.864,70)/ (2*1.800,00)		\$ 2.19	\$ 2.19	\$ 2.19
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * \square$ 0,60*16,20		\$ 9.72	\$ 9.72	\$ 7.78
	Cargos Fijos	\$ 30.85	\$ 27.61	\$ 25.67
CARGOS POR CONSUMOS				
LLANTAS (N) = Pn/Vn 0,00/0,0000		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pz 0,00/0,0000		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 30.85	\$ 27.61	\$ 25.67
TREINTA PESOS 85/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-MOTO-04
Descripción Motoconformadora Caterpillar 16H de 265 HP y 24.7 ton de peso de operación

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 1,950,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Phom = POTENCIA NOMINAL	95.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 1,950,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 390,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	16.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	2.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.7500	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	12,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	2,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,500.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	8.93000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.28500 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr)/\Lambda (1.950.000,00-390.000,00)/12.000,00$		\$ 130.00	\$ 104.00	\$ 104.00
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He 0,16(1.950.000,00+390.000,00)/ (2*1.500,00)$		\$ 124.80	\$ 124.80	\$ 124.80
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He 0,02(1.950.000,00+390.000,00)/ (2*1.500,00)$		\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C 0,75*130,00$		\$ 97.50	\$ 97.50	\$ 78.00
Cargos Fijos		\$ 367.90	\$ 341.90	\$ 322.40
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc 14,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P 0,1843*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = $Pn/Vn 0,00/2000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = $Pc 0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
SUMA		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Costo Directo por Hora		\$ 367.90	\$ 341.90	\$ 322.40
TRESCIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 90/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-PAY-06
Descripción Cargador frontal Payloader 924g kit de montacarga 2003

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 2,650,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 2,650,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 265,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	15.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	10.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.9000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	20,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	4,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	2,000.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (2.650.000,00-265.000,00)/20.000,00$		\$ 119.25	\$ 95.40	\$ 95.40
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ 0,15(2.650.000,00+265.000,00)/ (2*2.000,00)		\$ 109.31	\$ 109.31	\$ 109.31
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He$ 0,10(2.650.000,00+265.000,00)/ (2*2.000,00)		\$ 72.88	\$ 72.88	\$ 72.88
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * \Gamma$ 0,90*119,25		\$ 107.33	\$ 107.33	\$ 85.86
	Cargos Fijos	\$ 408.77	\$ 384.92	\$ 363.45
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ 19,0000*0,00		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ 0,5500*0,00		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn 0,00/4000,0000		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = $P:0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 408.77	\$ 384.92	\$ 363.45
CUATROCIENTOS OCHO PESOS 77/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave	EQ-RETRO-03
Descripción	Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446B de 95 HPy 8.9 ton de peso de operación, capacidad de cucharon 1.275 m3

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 1,468,011.60	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 1,468,011.60	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 293,602.32	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	32.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.6000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	15,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	2,400.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,500.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (1.468.011,60-293.602,32)/15.000,00$		\$ 78.29	\$ 62.63	\$ 62.63
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ $0,32(1.468.011,60+293.602,32)/ (2*1.500,00)$		\$ 187.91	\$ 187.91	\$ 187.91
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He$ $0,03(1.468.011,60+293.602,32)/ (2*1.500,00)$		\$ 18.79	\$ 18.79	\$ 18.79
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,60*78,29$		\$ 46.97	\$ 46.97	\$ 37.58
Cargos Fijos		\$ 331.96	\$ 316.30	\$ 306.91

CARGOS POR CONSUMOS

COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $0,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/2400,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pz $0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
SUMA		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00

Costo Directo por Hora		\$ 331.96	\$ 316.30	\$ 306.91
TRESCIENTOS TREINTA Y UN PESOS 96/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-VOL-02
Descripción Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad.

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 470,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 470,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 47,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	32.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.2000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	10,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	1,000.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	2,400.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,200.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = f	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
	DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (470.000,00-47.000,00)/10.000,00$	\$ 42.30	\$ 33.84	\$ 33.84
	INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ $0,32(470.000,00+47.000,00)/ (2*1.200,00)$	\$ 68.93	\$ 68.93	\$ 68.93
	SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2Hr$ $0,03(470.000,00+47.000,00)/ (2*1.200,00)$	\$ 6.89	\$ 6.89	\$ 6.89
	MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,20*42,30$	\$ 8.46	\$ 8.46	\$ 6.77
	Cargos Fijos	\$ 126.58	\$ 118.12	\$ 116.43
CARGOS POR CONSUMOS				
	COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $0,0000*0,00$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,0000*0,00$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/2400,0000$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pi $0,00/1000,0000$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 126.58	\$ 118.12	\$ 116.43
CIENTO VEINTISEIS PESOS 58/100 M.N.				

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
PRE-01 DESPALME, LIMPIA, TRAZO Y NIVELACION DE SUPERFICIE, CON EQUIPO MECANICO (ESTACION TOTAL), ESTABLECIENDO EJES, REFERENCIA Y NIVELES, P.U.O.T.				
Materiales(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
CALHIDRA	0.00005	KG	\$ 1,500.00	\$ 0.08
IMPORTE POR Materiales				\$ 0.08
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
CUADRILLA No.1 1TOPOGRAFO MAS DOS AYUDANTES		jor		
TOPOGRAFO	1.00000	jor	\$ 996.80	\$ 996.80
PEON O AYUDANTE	1.00000	jor	\$ 294.05	\$ 294.05
ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO CX 105 5	1.00000	hora	\$ 30.85	\$ 30.85
			SUMA	\$ 1,321.70
RENDIMIENTO	100.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI		\$ 13.22
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 13.22
Equipo(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO CX 105 5		hora		
IMPORTE POR Equipo				\$ 0.62
				\$ 13.92
Costo Directo				\$ 13.92
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 13.92
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 13.92
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 13.92
TRECE PESOS 92/100 M.N.				
PRE-012 RETIRO DE MATERIALES PRODUCTO DE LIMPIEZA Y DESPALME				
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
CUADRILLA No. 2 UN OFICIAL ALBAÑIL+UN PEON		jor		
OFICIAL ALBAÑIL	1.00000	jor	\$ 723.78	\$ 723.78
PEON O AYUDANTE	1.00000	jor	\$ 294.05	\$ 294.05
			SUMA	\$ 1,017.83
RENDIMIENTO	100.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI		\$ 10.18
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 10.18
Equipo(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad.		HR		
Cargador frontal Payloader 924g kit de montacarga 2003		hora		
IMPORTE POR Equipo				\$ 2.79
				\$ 12.97
Costo Directo				\$ 12.97
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 12.97
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 12.97
Utilidad				\$ 0.00
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 12.97
DOCE PESOS 97/100 M.N.				

PRE-03 TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACIÓN				
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
CUADRILLA No.1 1 TOPOGRAFO MAS DOS AYUDANTES		jor		
TOPOGRAFO	1.00000	jor	\$ 996.80	\$ 996.80
PEON O AYUDANTE	1.00000	jor	\$ 294.05	\$ 294.05
ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO CX 105 5	1.00000	hora	\$ 30.85	\$ 30.85
			SUMA	\$ 1,321.70
RENDIMIENTO	100.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DE OBRA		\$ 13.22
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 13.22
Equipo(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO CX 105 5		hora		
IMPORTE POR Equipo				\$ 0.06
Costo Directo				\$ 13.28
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 13.28
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 13.28
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
			PRECIO UNITARIO	\$ 13.28
			TRECE PESOS 28/100 M.N.	
EXC EXCAVACIÓN PARA APERTURA DE CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS EN MATERIAL TIPO B DE 0.00 A 2.00 M DE PROFUNDIDAD				
Equipo(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446B de 95 HPy 8.91		hora		
peso de operación, capacidad de cucharón 1.275 m3				
IMPORTE POR Equipo				\$ 276.63
Costo Directo				\$ 276.63
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 276.63
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 276.63
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
			PRECIO UNITARIO	\$ 276.63
			DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 63/100 M.N.	

ACA	CARGA MECÁNICA Y ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN DE CORTES ADICIONALES ABAJO DE LAS SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES INCLUYE 30% DE ABUNDAMIENTO. P.U.O.T.			
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
Equipo(DESCRIPCIÓN):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad.		HR		
Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446B de 95 HPy 8.9 t peso de operación, capacidad de cucharón 1.275 m3		hora		
IMPORTE POR Equipo				\$ 27.61
Costo Directo				\$ 27.61
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 27.61
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 27.61
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 27.61
VEINTISIETE PESOS 61/100 M.N.				
SBACA	SOBREACARREO KM SUBSECUENTES CON EQUIPO MECÁNICO DE MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTES ADICIONALES, ABAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA, DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y DEL AGUA EMPLEADA EN LAS COMPACTACIONES, POSTERIORES AL ACARREO LIBRE, INCLUYE: LAMANO DE OBRA Y EL EQUIPO NECESARIO, P.U.O.T.			
Equipo(DESCRIPCIÓN):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad.		HR		
Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446B de 95 HPy 8.9 t peso de operación, capacidad de cucharón 1.275 m3		hora		
IMPORTE POR Equipo				\$ 9.35
Costo Directo				\$ 9.35
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 9.35
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 9.35
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 9.35
NUEVE PESOS 35/100 M.N.				
COMP	AFINE Y COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 100% AASTHO ESTÁNDAR, POR MEDIOS MECÁNICOS			
Equipo(DESCRIPCIÓN):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
Motoconformadora Caterpillar 16H de 265 HP y 24.7 ton de peso de operación		hora		
Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 HP, 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.		hora		
PIPA DE AGUA CON CAPACIDAD DE 9M3	0.00010	hora	\$ 200.00	\$ 0.02
IMPORTE POR Equipo				\$ 14.02
Costo Directo				\$ 14.02
Indirectos				\$ 0.00
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 14.02
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 14.02
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 14.02
CATORCE PESOS 2/100 M.N.				

BASEH FORMACIÓN DE BASE HIDRÁULICA CON EQUIPO MECÁNICO Y MATERIAL TRITURADO DE 3/4" A FINOS, DE 20 CMS DE ESPESOR, COMPACTADO AL 100% DE LA PRUEBA AASTHO MODIFICADO, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACIÓN DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIDO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.

Materiales(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
GRAVA DE 3/4" DEL BANCO DE PARACHO "HERMANOS VAR	0.10000	camión	\$ 1,500.00	\$ 150.00
IMPORTE POR Materiales				\$ 150.00
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
UN OFICIAL ALBAÑIL MAS UN A YUDANTE		jor		
OFICIAL ALBAÑIL	1.00000	jor	\$ 723.78	\$ 723.78
PEON O AYUDANTE	1.00000	jor	\$ 294.05	\$ 294.05
SUMA				\$ 1,017.83
RENDIMIENTO	16.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI		\$ 63.61
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 63.61
Equipo(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
Motoconformadora Caterpillar 16H de 265 HP y 24.7 ton de peso d operación		hora		
PIPA DE AGUA CON CAPACIDAD DE 9M3	0.00010	hora	\$ 200.00	\$ 0.02
Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 HP, 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.		hora		
IMPORTE POR Equipo				\$ 195.52
Costo Directo				\$ 409.13
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 409.13
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 409.13
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 409.13
CUATROCIENTOS NUEVE PESOS 13/100 M.N.				

COLC PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO 15 CM DE ESPESOR CON UNA RESISTENCIA DE F'c=250KG/CM², REVENIMIENTO 12 CM, AGREGADO MÁXIMO 3/4" GRAVA TRITURADA Y ARENA, A TIRO DIRECTO EN LOSAS DE 3 x 3 M, INCLUYE: MATERIALES CIMBRADO, DESCIMBRADO, VACIADO, NIVELADO, REGLEADO, VIBRADO, CURADO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA; CORTE EN LOSAS DE CONCRETO A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3 .00 M DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSAL; CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
ELASTOMERICO EN CALIENTE , INCLUYE: LIMPIEZA, ACABADO TEXTURIZADO CON PEINE HASTA 3 MM DE PROFUNDIDAD Y BOLEADO EN REMATES 2" EN LOSAS DE PAVIMENTO P.U.O.T.				
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
UN OFICIAL ALBAÑIL MAS UN A YUDANTE		jor		
OFICIAL ALBAÑIL	1.00000	jor	\$ 723.78	\$ 723.78
PEON O AYUDANTE	1.00000	jor	\$ 294.05	\$ 294.05
SUMA				\$ 1,017.83
RENDIMIENTO	20.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI		\$ 50.89
UN OFICIAL ALBAÑIL MAS UN A YUDANTE		jor		
OFICIAL ALBAÑIL	1.00000	jor	\$ 723.78	\$ 723.78
PEON O AYUDANTE	1.00000	jor	\$ 294.05	\$ 294.05
SUMA				\$ 1,017.83
RENDIMIENTO	20.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI		\$ 50.89
PEON O A YUDANTE	0.05000	jor	\$ 294.05	\$ 14.70
PEON O A YUDANTE	0.05000	jor	\$ 294.05	\$ 14.70
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 131.18
Equipo(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
TROMPO PARA CONCRETO DE 7M3	0.07500	hora	\$ 13,468.00	\$ 1,010.10
IMPORTE POR Equipo				\$ 1,010.10
Costo Directo				\$ 1,141.28
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 1,141.28
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 1,141.28
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 1,141.28
UN MIL CIENTO CUARENTA Y UN PESOS 28/100 M.N.				

GU	GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO, F'C= 250 KG/CM², DE 15 X 30 CMS DE SECCIÓN TRANSVERSAL, R.N. TMA DE 19 MM (3/4"), INCLUYE: MATERIALES, EQUIPO, ACARREOS, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA. CORTE EN LOSAS DE CONCRETO Y GUARNICIONES A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3MTS DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSA , CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE , INCLUYE LIMPIEZA P.U.O.T.			
Materiales(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
CIMBRA METALICA	1.00000	M2	\$ 10.00	\$ 10.00
ALAMBRE RECOCIDO CAL 18	1.00000	KG	\$ 20.00	\$ 20.00
CONCRETO HECHO EN OBRA FC= 250 KG/CM2	1.00000	M3	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00
IMPORTE POR Materiales				\$ 1,330.00
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
UN OFICIAL ALBAÑIL MAS UN AYUDANTE		jor		
<i>OFICIAL ALBAÑIL</i>	<i>1.00000</i>	<i>jor</i>	<i>\$ 723.78</i>	<i>\$ 723.78</i>
<i>PEON O AYUDANTE</i>	<i>1.00000</i>	<i>jor</i>	<i>\$ 294.05</i>	<i>\$ 294.05</i>
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
RENDIMIENTO	16.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI	SUMA	\$ 1,017.83
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 63.61
Costo Directo				\$ 1,393.61
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 1,393.61
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 1,393.61
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 1,393.61
UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES PESOS 61/100 M.N.				
LIM	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE CURADO DEL PAVIMENTO CONVENCIONAL			
Mano de Obra(DESCRIPCION):	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
TRES AYUDANTES GENERALES		jor		
<i>PEON O AYUDANTE</i>	<i>1.00000</i>	<i>jor</i>	<i>\$ 294.05</i>	<i>\$ 294.05</i>
<i>PEON O AYUDANTE</i>	<i>1.00000</i>	<i>jor</i>	<i>\$ 294.05</i>	<i>\$ 294.05</i>
<i>PEON O AYUDANTE</i>	<i>1.00000</i>	<i>jor</i>	<i>\$ 294.05</i>	<i>\$ 294.05</i>
			SUMA	\$ 882.15
RENDIMIENTO	200.00000	SUMA(2)/REND=IMPORTE POR MANO DI		\$ 4.41
IMPORTE POR Mano de Obra				\$ 4.41
Costo Directo				\$ 4.41
Indirectos				\$ 0.00
Indirectos de Campo				\$ 0.00
Subtotal				\$ 4.41
Financiamiento				\$ 0.00
Subtotal				\$ 4.41
Utilidad				\$ 0.00
Cargos Adicionales				\$ 0.00
PRECIO UNITARIO				\$ 4.41
CUATRO PESOS 41/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-COM-05
Descripción Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 HP, 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 1,713,555.57	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	145.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 1,713,555.57	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 342,711.11	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	16.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.7500	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	1,500.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	4,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,500.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	13.63000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.43500 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (1.713.555,57-342.711,11)/1.500,00$		\$ 913.90	\$ 731.12	\$ 731.12
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ $0,16(1.713.555,57+342.711,11)/ (2*1.500,00)$		\$ 109.67	\$ 109.67	\$ 109.67
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2Ht$ $0,03(1.713.555,57+342.711,11)/ (2*1.500,00)$		\$ 21.93	\$ 21.93	\$ 21.93
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,75*913,90$		\$ 685.42	\$ 685.42	\$ 548.34
Cargos Fijos		\$ 1,730.93	\$ 1,548.15	\$ 1,411.06
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $14,2000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,1400*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/4000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pc $0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
SUMA		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Costo Directo por Hora		\$ 1,730.93	\$ 1,548.15	\$ 1,411.06
UN MIL SETECIENTOS TREINTA PESOS 93/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-EST-01
Descripción ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO CX 105 5

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 85,764.66	TIPO DE COMBUSTIBLE	Sin Motor
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	0.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 85,764.66	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0000
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 12,864.70	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	10.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	8.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.6000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0000
Ve = VIDA ECONOMICA	4,500.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	0.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,800.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (85.764,66-12.864,70)/4.500,00$		\$ 16.20	\$ 12.96	\$ 12.96
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He; 0,10(85.764,66+12.864,70)/(2*1.800,00)$		\$ 2.74	\$ 2.74	\$ 2.74
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He; 0,08(85.764,66+12.864,70)/(2*1.800,00)$		\$ 2.19	\$ 2.19	\$ 2.19
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C; 0,60*16,20$		\$ 9.72	\$ 9.72	\$ 7.78
	Cargos Fijos	\$ 30.85	\$ 27.61	\$ 25.67
CARGOS POR CONSUMOS				
LLANTAS (N) = $Pn/Vn; 0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = $Pc; 0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 30.85	\$ 27.61	\$ 25.67
	TREINTA PESOS 85/100 M.N.			

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-MOTO-04
Descripción Motoconformadora Caterpillar 16H de 265 HP y 24.7 ton de peso de operación

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 1,950,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	95.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 1,950,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 390,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	16.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	2.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.7500	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	12,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	2,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,500.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	8.93000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.28500 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (1.950.000,00-390.000,00)/12.000,00$		\$ 130.00	\$ 104.00	\$ 104.00
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ $0,16(1.950.000,00+390.000,00)/ (2*1.500,00)$		\$ 124.80	\$ 124.80	\$ 124.80
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2Ht$ $0,02(1.950.000,00+390.000,00)/ (2*1.500,00)$		\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * \Gamma$ $0,75*130,00$		\$ 97.50	\$ 97.50	\$ 78.00
	Cargos Fijos	\$ 367.90	\$ 341.90	\$ 322.40
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $14,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,1800*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/2000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pz $0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 367.90	\$ 341.90	\$ 322.40
TRESCIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 90/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-PAV-06
Descripción PAVIMENTADORA BLAW-KNOX DE 120 HP

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 8,113,458.94	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	120.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 8,113,458.94	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 811,345.89	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	0.16 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	0.02 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.6500	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	12,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	0.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,000.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	11.28000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.36000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (8.113.458,94-811.345,89)/12.000,00$		\$ 608.51	\$ 486.81	\$ 486.81
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ 0,00(8.113.458,94+811.345,89)/ (2*1.000,00)		\$ 7.14	\$ 7.14	\$ 7.14
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He$ 0,00(8.113.458,94+811.345,89)/ (2*1.000,00)		\$ 0.89	\$ 0.89	\$ 0.89
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ 0,65*608,51		\$ 395.53	\$ 395.53	\$ 316.42
	Cargos Fijos	\$ 1,012.07	\$ 890.37	\$ 811.26
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh * Pc$ 5,9000*0,00		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ 0,6400*0,00		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn 0,00/0,0000		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pc 0,00/0,0000		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 1,012.07	\$ 890.37	\$ 811.26
UN MIL DOCE PESOS 7/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-PAY-07
Descripción Cargador frontal Payloader 924g kit de montacarga 2003

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 2,650,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 2,650,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 265,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	15.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	10.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.9000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	20,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	4,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	2,000.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = f	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) \wedge (2.650.000,00-265.000,00) / 20.000,00$		\$ 119.25	\$ 95.40	\$ 95.40
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr) / 2He$ $0,15(2.650.000,00+265.000,00) / (2*2.000,00)$		\$ 109.31	\$ 109.31	\$ 109.31
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr) / 2He$ $0,10(2.650.000,00+265.000,00) / (2*2.000,00)$		\$ 72.88	\$ 72.88	\$ 72.88
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,90*119,25$		\$ 107.33	\$ 107.33	\$ 85.86
	Cargos Fijos	\$ 408.77	\$ 384.92	\$ 363.45
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh * Pc$ $19,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,5500*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/4000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pc $0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 408.77	\$ 384.92	\$ 363.45
CUATROCIENTOS OCHO PESOS 77/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave	EQ-RETRO-03
Descripción	Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446B de 95 HPy 8.9 ton de peso de operación, capacidad de cucharon 1.275 m3

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 1,468,011.60	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	95.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 1,468,011.60	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 293,602.32	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	32.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.6000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	15,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	0.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	2,400.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,500.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	8.93000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.28500 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr) / (1.468.011,60-293.602,32) / 15.000,00$		\$ 78.29	\$ 62.63	\$ 62.63
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr) / 2He$ $0,32(1.468.011,60+293.602,32) / (2*1.500,00)$		\$ 187.91	\$ 187.91	\$ 187.91
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr) / 2He$ $0,03(1.468.011,60+293.602,32) / (2*1.500,00)$		\$ 18.79	\$ 18.79	\$ 18.79
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,60*78,29$		\$ 46.97	\$ 46.97	\$ 37.58
	Cargos Fijos	\$ 331.96	\$ 316.30	\$ 306.91

CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $9,8000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,1040*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/2400,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pz $0,00/0,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00

	Costo Directo por Hora	\$ 331.96	\$ 316.30	\$ 306.91
TRESCIENTOS TREINTA Y UN PESOS 96/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-TRO-07
Descripción TROMPO PARA PREPARACION DE CONCRETO DE 7M3

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 60,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 60,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 6,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	3.20 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.2000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONOMICA	1,600.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	1,000.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	4,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	800.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr)/(60.000,00-6.000,00)/1.600,00$		\$ 33.75	\$ 27.00	\$ 27.00
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$ $0,03(60.000,00+6.000,00)/(2*800,00)$		\$ 1.32	\$ 1.32	\$ 1.32
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He$ $0,03(60.000,00+6.000,00)/(2*800,00)$		\$ 1.32	\$ 1.32	\$ 1.32
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$ $0,20*33,75$		\$ 6.75	\$ 6.75	\$ 5.40
	Cargos Fijos	\$ 43.14	\$ 36.39	\$ 35.04
CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = $Gh*Pc$ $0,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = $(Ah+Ga)P$ $0,0000*0,00$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn $0,00/4000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pz $0,00/1000,0000$		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 43.14	\$ 36.39	\$ 35.04
CUARENTA Y TRES PESOS 14/100 M.N.				

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EQ-VOL-02
Descripción Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad.

DATOS GENERALES

Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 470,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.0000 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPE	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 470,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUST	0.0940
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 47,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO
i = TASA DE INTERES	32.00 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	3.20 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEI	0.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIE	0.2000	FI = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0030
Ve = VIDA ECONÓMICA	10,000.00 HORA	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS E	1,000.00 HORA	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLAN	4,000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO PC	1,200.00 HORA		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE :	0.00000 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = I	0.00000 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUB	0.00000 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = $(Vm-Vr)/Ve$	$(470,000.00-47,000.00)/10,000.00$	\$ 42.30	\$ 33.84	\$ 33.84
INVERSIÓN (Im) = $i(Va+Vr)/2He$	$0,32(470,000.00+47,000.00)/(2*1,200.00)$	\$ 68.93	\$ 68.93	\$ 68.93
SEGUROS (Sm) = $s(Va+Vr)/2He$	$0,03(470,000.00+47,000.00)/(2*1,200.00)$	\$ 6.89	\$ 6.89	\$ 6.89
MANTENIMIENTO (Mn) = $Ko * C$	$0,20*42,30$	\$ 8.46	\$ 8.46	\$ 6.77
Cargos Fijos		\$ 126.58	\$ 118.12	\$ 116.43

CARGOS POR CONSUMOS				
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	$0,0000*0,00$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)*P	$0,0000*0,00$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	$0,00/4000,0000$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pc/Vn	$0,00/1000,0000$	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
SUMA		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Costo Directo por Hora		\$ 126.58	\$ 118.12	\$ 116.43
CIENTO VEINTISEIS PESOS 58/100 M.N.				

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PRE-01	DESPALME, LIMPIA, TRAZO Y NIVELACION DE SUPERFICIE, CON EQUIPO MECANICO (TOTAL), ESTABLECIENDO EJES, REFERENCIA Y NIVELES, P.U.O.T.				M2
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales					
MAT-AGL-01	CALHIDRA	TON	0.00005	\$ 1,500.00	\$ 0.08
	Suma de Materiales				\$ 0.08
Mano de Obra					
CU-01	CUADRILLA No.1 1 TOPOGRAFO MAS DOS AYUDANTES	jor	0.01000	\$ 1,321.70	\$ 13.22
	Suma de Mano de Obra				\$ 13.22
Equipo					
EQ-EST-01	ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO 105 5	hora	0.02000	\$ 30.85	\$ 0.62
	Suma de Equipo				\$ 0.62
	Costo Directo				\$ 13.92
	Indirectos				\$ 0.00
	Indirectos de Campo				\$ 0.00
	Subtotal				\$ 13.92
	Financiamiento				\$ 0.00
	Subtotal				\$ 13.92
	Utilidad				\$ 0.00
	Cargos Adicionales				\$ 0.00
	PRECIO UNITARIO				\$ 13.92
	TRECE PESOS 92/100 M.N.				
PRE-02	RETIRO DE MATERIALES PRODUCTO DE LIMPIEZA Y DESPALME				M2
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Mano de Obra					
CU-02	CUADRILLA NO. 2 UN OFICIAL ALBAÑIL+ UN PEON	jor	0.01000	\$ 1,017.83	\$ 10.18
	Suma de Mano de Obra				\$ 10.18
Equipo					
EQ-VOL-02	Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad	hora	0.01667	\$ 126.58	\$ 2.11
EQ-PAY-07	Cargador frontal Payloader 924g kit de montacarga	hora	0.00167	\$ 408.77	\$ 0.68
	Suma de Equipo				\$ 2.79
	Costo Directo				\$ 12.97
	Indirectos				\$ 0.00
	Indirectos de Campo				\$ 0.00
	Subtotal				\$ 12.97
	Financiamiento				\$ 0.00
	Subtotal				\$ 12.97
	Utilidad				\$ 0.00
	Cargos Adicionales				\$ 0.00
	PRECIO UNITARIO				\$ 12.97
	DOCE PESOS 97/100 M.N.				

PRE-03		TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACIÓN			M2	
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Mano de Obra						
CU-01	CUADRILLA No.1 1TOPOGRAFO MAS DOS AYUDANTES	jor	0.01000	\$ 1,321.70	\$ 13.22	
Suma de Mano de Obra					\$ 13.22	
Equipo						
EQ-EST-01	ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO 105 5	hora	0.00200	\$ 30.85	\$ 0.06	
Suma de Equipo					\$ 0.06	
Costo Directo					\$ 13.28	
Indirectos					\$ 0.00	
Indirectos de Campo					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 13.28	
Financiamiento					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 13.28	
Utilidad					\$ 0.00	
Cargos Adicionales					\$ 0.00	
PRECIO UNITARIO					\$ 13.28	
TRECE PESOS 28/100 M.N.						
EXC		EXCAVACIÓN PARA APERTURA DE CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS EN MATERIA/ 2.00 M DE PROFUNDIDAD.			M3	
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Equipo						
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
EQ-RETRO-03	Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446 95 HPy 8.9 ton de peso de operación, capacidad de cucharon 1.275 m3	hora	0.83333	\$ 331.96	\$ 276.63	
Suma de Equipo					\$ 276.63	
Costo Directo					\$ 276.63	
Indirectos					\$ 0.00	
Indirectos de Campo					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 276.63	
Financiamiento					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 276.63	
Utilidad					\$ 0.00	
Cargos Adicionales					\$ 0.00	
PRECIO UNITARIO					\$ 276.63	
DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 63/100 M.N.						

ACA CARGA MECÁNICA Y ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM DE DISTANCIA | M3
PRODUCTO DE EXCAVACIÓN DE CORTES ADICIONALES ABAJO DE LAS SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES INCLUYE 30% DE ABUNDAMIENTO. P.U.O.T.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Equipo					
EQ-VOL-02	Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad	hora	0.00833	\$ 126.58	\$ 1.05
EQ-RETRO-03	Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446 95 HPy 8.9 ton de peso de operación, capacidad de cucharon 1.275 m3	hora	0.08000	\$ 331.96	\$ 26.56
Suma de Equipo					\$ 27.61
Costo Directo					\$ 27.61
Indirectos					\$ 0.00
Indirectos de Campo					\$ 0.00
Subtotal					\$ 27.61
Financiamiento					\$ 0.00
Subtotal					\$ 27.61
Utilidad					\$ 0.00
Cargos Adicionales					\$ 0.00
PRECIO UNITARIO					\$ 27.61
VEINTISIETE PESOS 61/100 M.N.					

SBACA SOBRECARRERO KM SUBSECUENTES CON EQUIPO MECÁNICO DE MATERIALES M3/KM
EXCAVACIONES DE CORTES ADICIONALES, ABAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACIÓN Y/O

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA, DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y DEL AGUA EMPLEADA EN LAS COMPACTACIONES, POSTERIORES AL ACARREO LIBRE, INCLUYE: LA MANO DE OBRA Y EL EQUIPO NECESARIO, P.U.O.T.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Equipo					
EQ-VOL-02	Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad	hora	0.00833	\$ 126.58	\$ 1.05
EQ-RETRO-03	Retroexcavadora sobre neumaticos Caterpillar 446 95 HPy 8.9 ton de peso de operación, capacidad de cucharon 1.275 m3	hora	0.02500	\$ 331.96	\$ 8.30
Suma de Equipo					\$ 9.35
Costo Directo					\$ 9.35
Indirectos					\$ 0.00
Indirectos de Campo					\$ 0.00
Subtotal					\$ 9.35
Financiamiento					\$ 0.00
Subtotal					\$ 9.35
Utilidad					\$ 0.00
Cargos Adicionales					\$ 0.00
PRECIO UNITARIO					\$ 9.35
NUEVE PESOS 35/100 M.N.					

COMP		AFINE Y COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 100% AASTHO ESTÁNDAR, MECÁNICOS				M2
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Equipo						
EQ-MOTO-04	Motoconformadora Caterpillar 16H de 265 HP y 24 ton de peso de operación	hora	0.00667	\$ 367.90	\$ 2.45	
EQ-COM-05	Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.	hora	0.00667	\$ 1,730.93	\$ 11.55	
H2O	PIPA DE AGUA CON CAPACIDAD DE 9M3	hora	0.00010	\$ 200.00	\$ 0.02	
Suma de Equipo					\$ 14.02	
Costo Directo					\$ 14.02	
Indirectos					\$ 0.00	
Indirectos de Campo					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 14.02	
Financiamiento					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 14.02	
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Utilidad					\$ 0.00	
Cargos Adicionales					\$ 0.00	
PRECIO UNITARIO					\$ 14.02	
CATORCE PESOS 2/100 M.N.						
BASEH		FORMACIÓN DE BASE HIDRÁULICA CON EQUIPO MECÁNICO Y MATERIAL TRITU FINOS, DE 20 CMS DE ESPESOR, COMPACTADO AL 100% DE LA PRUEBA AASTHO MODIFICADO, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACIÓN DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIDO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.				M3
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Materiales						
MAT-AGR-03	GRAVA DE 3/4" DEL BANCO DE PARACHO "HERMANOS VARGAS"	camión	0.10000	\$ 1,500.00	\$ 150.00	
Suma de Materiales					\$ 150.00	
Mano de Obra						
CU-02	CUADRILLA NO. 2 UN OFICIAL ALBAÑIL+ UN PEON	jor	0.06250	\$ 1,017.83	\$ 63.61	
Suma de Mano de Obra					\$ 63.61	
Equipo						
EQ-MOTO-04	Motoconformadora Caterpillar 16H de 265 HP y 24 ton de peso de operación	hora	0.50000	\$ 367.90	\$ 183.95	
EQ-COM-05	Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.	hora	0.00667	\$ 1,730.93	\$ 11.55	
H2O	PIPA DE AGUA CON CAPACIDAD DE 9M3	hora	0.00010	\$ 200.00	\$ 0.02	
Suma de Equipo					\$ 195.52	
Costo Directo					\$ 409.13	
Indirectos					\$ 0.00	
Indirectos de Campo					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 409.13	
Financiamiento					\$ 0.00	
Subtotal					\$ 409.13	
Utilidad					\$ 0.00	
Cargos Adicionales					\$ 0.00	
PRECIO UNITARIO					\$ 409.13	
CUATROCIENTOS NUEVE PESOS 13/100 M.N.						

COLC **COLOCACIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO CON PAVIMENTAD M2**
ESPEJOR, T.M.A. DE AGREGADO, INCLUYE MATERIAL DE BANCO, ACARREO AL SITIO DE OBRA,

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

TENDIDO Y COMPACTACIÓN AL 100%, CURADO DE LA CARPETA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO CON PIPA

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales					
MAT-AGL-07	CEMENTO TOLTECA	BULTO	0.11111	\$ 110.00	\$ 12.22
MAT-AGR-03	GRAVA DE 3/4" DEL BANCO DE PARACHO "HERMANOS VARGAS"	camión	0.00000	\$ 1,500.00	\$ 0.00
MAT-AGR-04	GRAVA DE 1/2" DEL BANCO DE PARACHO "HERMANOS VARGAS"	camion	0.00000	\$ 180.00	\$ 0.00
MAT-AGR-05	GRAVA DE 1/4" DEL BANCO DE PARACHO "HERMANOS VARGAS"	camion	0.00000	\$ 180.00	\$ 0.00
MAT-AGR-06	ARENA DEL BANCO DE PARACHO "HERMANOS VARGAS"	camion	0.00000	\$ 180.00	\$ 0.00
MAT-LIQ-02	PIPA DE AGUA	hr	0.00000	\$ 70.00	\$ 0.00
MAT-AGL-08	CENIZA VOLANTE RECOLECTADA DE LA TERMOELECTRICA DE LAZARO CARDENAS	KG	0.00000	\$ 0.00	\$ 0.00
MAT-AD-09	ADITIVO RETARDANTE SIKA		0.00000	\$ 0.00	\$ 0.00
	Suma de Materiales				\$ 12.22
Mano de Obra					
PEON	PEON O AYUDANTE	jor	0.01000	\$ 294.05	\$ 2.94
PEON	PEON O AYUDANTE	jor	0.66667	\$ 294.05	\$ 196.03
PEON	PEON O AYUDANTE	jor	0.66667	\$ 294.05	\$ 196.03
PEON	PEON O AYUDANTE	jor	0.66667	\$ 294.05	\$ 196.03
	Suma de Mano de Obra				\$ 591.03
Equipo					
EQ-PAV-06	PAVIMENTADORA BLAW-KNOX DE 120 HP	hora	0.66667	\$ 1,012.07	\$ 674.72
EQ-VOL-02	Camión de volteo marca Dodge de 7m3 de capacidad	hora	0.66667	\$ 126.58	\$ 84.39
EQ-COM-05	Compactador de asfalto Caterpillar CB634C de 145 2 tambores vibratorios 2.13 m de ancho.	hora	0.33333	\$ 1,730.93	\$ 576.97
	Suma de Equipo				\$ 1,336.08
	Costo Directo				\$ 2,516.30
	Indirectos				\$ 0.00
	Indirectos de Campo				\$ 0.00
	Subtotal				\$ 2,516.30
	Financiamiento				\$ 0.00
	Subtotal				\$ 2,516.30
	Utilidad				\$ 0.00
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
	Cargos Adicionales				\$ 0.00
	PRECIO UNITARIO				\$ 2,516.30
DOS MIL QUINIENTOS DIEZ Y SEIS PESOS 30/100 M.N.					

GU GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO, F'C= 250 KG/CM², DE ML SECCIÓN TRANSVERSAL, R.N. T.M.A. DE 19 MM (3/4"), INCLUYE: MATERIALES, EQUIPO, ACARREOS, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA. CORTE EN LOSAS DE CONCRETO Y GUARNICIONES A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS Y A CADA 3MTS DE SEPARACIÓN EN SENTIDO TRANSVERSA , CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE , INCLUYE LIMPIEZA P.U.O.T.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales					
MAT-CIM-10	CIMBRA METALICA	ML	1.00000	\$ 10.00	\$ 10.00
MAT-ALA-11	ALAMBRE RECOCIDO CAL 18	KG	1.00000	\$ 20.00	\$ 20.00
MAT-HEC-12	CONCRETO HECHO EN OBRA F'C= 250 KG/CM2	M3	1.00000	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00
Suma de Materiales					\$ 1,330.00
Mano de Obra					
CU-03	UN OFICIAL ALBAÑIL MAS UN AYUDANTE	jor	0.06250	\$ 1,017.83	\$ 63.61
Suma de Mano de Obra					\$ 63.61
Costo Directo					\$ 1,393.61
Indirectos					\$ 0.00
Indirectos de Campo					\$ 0.00
Subtotal					\$ 1,393.61
Financiamiento					\$ 0.00
Subtotal					\$ 1,393.61
Utilidad					\$ 0.00
Cargos Adicionales					\$ 0.00
PRECIO UNITARIO					\$ 1,393.61
UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES PESOS 61/100 M.N.					

LIM LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE CURADO DEL PAVIMENTO DE CCR M2

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Mano de Obra					
CU-04	TRES AYUDANTES GENERALES	jor	0.00500	\$ 882.15	\$ 4.41
Suma de Mano de Obra					\$ 4.41
Costo Directo					\$ 4.41
Indirectos					\$ 0.00
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Indirectos de Campo					\$ 0.00
Subtotal					\$ 4.41
Financiamiento					\$ 0.00
Subtotal					\$ 4.41
Utilidad					\$ 0.00
Cargos Adicionales					\$ 0.00
PRECIO UNITARIO					\$ 4.41
CUATRO PESOS 41/100 M.N.					