

881215
UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



VINCE IN BONO MALUM

“DESCRIPCION DEL EQUIPO QUE INTERVIENE EN LA
EXTRACCION, COLOCACION, TENDIDO Y
COMPACTACION DE LOS MATERIALES QUE FORMAN
LA CORTINA DE LA PRESA DEL PROYECTO
HIDROELECTRICO DE AGUAMILPA, NAYARIT”

T E S I S

PARA OPTAR POR EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

J O R G E A L B E R T O P E R E Z A R I A S

ASESOR DE LA TESIS:

Ing. Pedro Luis Benítez Esparza

México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

DEDICO ESTE TRABAJO CON TODO MI
RECONOCIMIENTO Y CARIÑO A:

MIS PADRES, A QUIENES TODO
DEBO, POR EL ESFUERZO QUE
SIEMPRE HAN REALIZADO PARA
ORIENTARME; EL CUAL ESPERO
CORRESPONDER YA QUE REPRESENTAN
PARA MI UN EJEMPLO A SEGUIR Y
META A SUPERAR EN LA VIDA.

MIS HERAMANAS POR EL APOYO QUE
ME HAN OFRECIDO.

MI NOVIA IRMA HAYDEE, QUIEN ME
HA BRINDADO TODO SU APOYO, PARA
REALIZAR ESTE TRABAJO.

LA FAMILIA PEREDA LOPEZ POR LA
AMISTAD Y CONFIANZA QUE ME HAN
BRINDADO.

A LA UNIVERSIDAD ANAHUAC POR LA
DEDICACION QUE SIEMPRE HA TENIDO
EN LA SUPERACION CULTURAL Y
ACADEMICA DE SUS ALUMNOS.

A EL ING. PEDRO LUIS BENITEZ
ESPARZA POR SU AMISTAD, CONSEJOS
Y ASESORIA DURANTE LA CARRERA Y
EN LA ELABORACION DE ESTE
TRABAJO.

A TODO EL PERSONAL DOCENTE QUE
CONTRIBUYO EN MI FORMACION
PROFESIONAL DENTRO DE LA
UNIVERSIDAD.

A MIS AMIGOS, QUE SIEMPRE HAN
ESTADO PRESENTES BRINDANDOME SU
APOYO Y CONSEJOS PARA SEGUIR
ADELANTE.

A MIS COMPAÑEROS Y FAMILIARES,
CON QUIENES HE PASADO MOMENTOS
TAN AGRADABLES E INOLVIDABLES.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1. EL PROYECTO HIDROELECTRICO AGUAMILPA.....	6
1.1. Antecedente Generales.....	6
CAPITULO 2. CARACTERISTICAS DE LA MAQUINARIA QUE INTERVIENE EN LA CONSTRUCCION DE LA CORTINA.....	27
2.1. Maquinaria de Explotación de los Bancos de Grava-Arena de Río.....	27
2.1.1. Tractores Empujadores.....	27
2.1.2. Retroexcavadoras.....	56
2.1.3. Pala Frontal.....	69
2.1.4. Cargadores Frontales.....	84
2.2. Maquinaria de Acarreo y Transporte.....	103
2.2.1. Camiones de Obra.....	103
2.2.2. Camiones Articulados.....	107
2.3. Maquinaria de Tendido (Motoniveladoras)...	112
2.4. Maquinaria de Compactación.....	116

CAPITULO 3. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

Y SELECCION DE LA MAQUINARIA..... 123

3.1. Factores de Selección de la
Maquinaria y Equipo..... 124

3.2. Construcción del Plinto..... 127

3.3. Producción y Colocación de
Materiales de la Presa..... 130

3.4. Construcción de la Cara de
Concreto..... 142

CONCLUSIONES..... 147

ANEXO 1..... 150

ANEXO 2..... 174

BIBLIOGRAFIA..... 178

INTRODUCCION

El proyecto hidroeléctrico Aguamilpa forma parte de un plan global de aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago. Su finalidad principal es la generación de energía eléctrica, en operación conjunta con las otras plantas previstas a lo largo del río y con factores de planta bajos para atender la demanda en las horas pico.

Este proyecto inserta a la ingeniería mexicana en los más importantes avances técnicos; es la obra de energía más grande que construirá el actual gobierno a fin de garantizar al país el abasto de electricidad.

En esta obra, al igual que en todas las de su naturaleza, la maquinaria empleada en su construcción es fundamental para obtener resultados adecuados, de acuerdo a las propiedades y los aspectos importantes de los materiales involucrados en la construcción.

De ahí la importancia de realizar la presente tesis con el objetivo general de profundizar y hablar detalladamente de la maquinaria que se emplea en la construcción de la cortina de la presa Hidroeléctrica Aguamilpa, desde la extracción de el material de los bancos, hasta la compactación de el mismo en el corazón de la obra; señalando sus características de operación y especificaciones, para realizar los trabajos dependiendo

del tipo de terreno que se encuentre.

Para ello, la investigación se estructura de la siguiente forma:

En el primer capítulo se presenta una introducción al proyecto hidroeléctrico Aguamilpa. En este punto se señalan los antecedentes generales del mismo; destacando los beneficios que dicho proyecto generará, así como la capacidad de generación prevista. Enseguida se señalan los datos principales tales como coordenadas, longitud, latitud, etc. Posteriormente se hace referencia a los diversos estudios que se han efectuado al respecto, tanto

por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, como por la Comisión Federal de Electricidad. En el siguiente punto se analiza la hidrología del lugar, destacando los datos climatológicos e hidrométricos, así como el estudio de avenidas.

Posteriormente se analizan aspectos tales como azolves, geología regional, etc. En el siguiente punto se describen las estructuras principales, a saber: cara de concreto y juntas, tanto perimetral como verticales y horizontales. Por último se describe de manera general, la estrategia constructiva que se desarrollará.

En el segundo capítulo se describen detalladamente las características de la maquinaria que interviene en la construcción de la cortina, destacando aspectos tales como

la relación de peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades, etc, ya que estas influyen directamente en la productividad.

La maquinaria es clasificada o identificada por la función que ejecuta y por la operación del proyecto en que interviene, señalando para cada tipo de maquinaria tanto las características generales como las especificaciones correspondientes a cada modalidad.

Así, en el primer apartado se presenta la maquinaria de explotación de los bancos de grava-arena de río, que incluye: Tractores empujadores, retroexcavadoras, palas frontales, y cargadores frontales tanto sobre neumáticos como sobre cadenas. En el siguiente punto se presenta la maquinaria de acarreo y transporte, tales como: camiones de obra y camiones articulados. Posteriormente se presenta la maquinaria de tendido, incluyendo únicamente las motoconformadoras. Por último se describe la maquinaria de compactación, señalando algunas consideraciones en torno a las zonas de utilización en que resulta más ventajosa la aplicación de cada tipo de compactador.

En el tercer capítulo se detallan los procesos de construcción que conforman la estrategia constructiva y su relación con la selección de la maquinaria, de acuerdo al tipo de terreno que se trate así como de las propiedades de tal maquinaria.

En primera instancia se presentan los aspectos que se consideran en la selección de la maquinaria; tales como productividad y eficiencia del equipo, el costo y la facilidad de conservación; el trabajo y operación específica a ejecutar; requisitos de la especificación, movimiento que requiere el equipo, influencia de las condiciones atmosféricas en la operación y productividad del equipo, tiempo programado para realizar el trabajo y el balanceo del equipo interdependiente.

En el segundo punto se describen las operaciones relativas a la construcción del plinto, señalando la maquinaria seleccionada involucrada en la construcción; tales actividades son: excavación y concreto.

En el siguiente punto se describe la producción y colocación de materiales de la presa, que incluye: extracción de grava-arena, enrocamiento, caminos y túneles de desvío; en cada una de estas operaciones se especifica la maquinaria seleccionada de acuerdo a los factores ya señalados.

En el último punto se describe la construcción de la cara de concreto, la cual se divide en diversos elementos: losas de arranque, cimbra deslizante, suministro de concreto y acero de refuerzo. Asimismo se presenta de manera general el programa de obras de contención.

Por último se presentan las conclusiones correspondientes derivadas del estudio.

CAPITULO 1. EL PROYECTO HIDROELECTRICO AGUAMILPA

1.1. ANTECEDENTES GENERALES.

El proyecto Hidroeléctico Aguamilpa forma parte de un plan global de aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago, cuyo diseño se ejecuta actualmente en la Comisión Federal de Electricidad, su finalidad principal es la generación de energía eléctrica, en operación conjunta con otras plantas previstas a lo largo del río y con factores de planta bajos para atender los picos de demanda.

Beneficios Generales.

El embalse de Aguamilpa amortiguará además los picos de las avenidas, reduciendo el riesgo de inundaciones en la planicie central del Estado de Nayarit.

La principal actividad de la región es la agricultura; estando más segura contra inundaciones la planicie, podrían incorporarse a riego 75,000 nuevas hectáreas y garantizar dos ciclos de cultivo al año en las 30,000 hectáreas que actualmente se aprovechan en uno de temporal.

La derrama económica que producirá la demanda de mano

de obra, materiales y servicios para Aguamilpa, así como el desarrollo de la piscicultura, beneficiarán la zona del embalse y sus proximidades que actualmente se encuentran económicamente deprimidas.

La planta hidroeléctrica contará con tres unidades generadoras de 320 MW cada una y generará 2,131 GWH medios anuales, lo cual hace de este proyecto uno de los más importantes dentro del país, ya que ocupa el cuarto lugar en cuanto a potencia instalada (después de Chicoasen, Malpasos e Infiernillo) y el quinto lugar en generación media anual.

El sitio previsto para la cortina se encuentra en la parte central del estado de Nayarit, al NNE de la ciudad de Tepic. El acceso al sitio, partiendo de la ciudad de Tepic se efectúa por la carretera estatal pavimentada que va a Francisco I. Madero, hasta la desviación hacia Aguamilpa, con un desarrollo adicional de 40 kilómetros. (Ver anexo 2).

DATOS PRINCIPALES

Coordenadas

Longitud Oeste

104.46

Longitud Norte

21.50

Río

Santiago

Estado

Nayarit

Municipio

Tepic y Nayarit

HIDROLOGIA

Area de la Cuenca del Rio Santiago	75,651 km ²
Area de la Cuenca hasta Aguamilpa	73,834 km ²
Número de años de registro	43
Escurrimiento medio anual	6,736 Mill M ³
Volumen medio mensual escurrido	561 Mill M ³
Gasto Medio	213.6 M ³ /SG
Volumen medio anual aprovechado	6,257 Mill M ³
Gasto medio aprovechado	198.4 M ³ /SG
Porcentaje de aprovechamiento	92.9%

VASOS DE ALMACENAMIENTO

Elevaciones	Capacidad
Namino 190 Msnm	2,965 Mill. M ³
Namo 220 Msnm	5,540 Mill. M ³
Name 232 Msnm	6,950 Mill. M ³
Capacidad para azolves (piso de toma)	1,650 Mill. M ³
Capacidad util Namino - Nam	2,575 Mill. M ³

CAPACIDAD PARA CONTROL DE AVENIDAS

Namo - Name	1,410 Mill. M ³
Area ocupada para el embalse del Name	128 Mill. M ²
Area ocupada por el embalse del Nam	109 Mill. M ²
Obra de desvio, con Tr= 25 años	
Gasto máximo de avenida	6,765 M ³ /SG
Gasto de diseño máximo	5,070 M ³ /SG

Elevación ataguías aguas arriba	115 MSNM
Elevación ataguía aguas abajo	82 MSNM
Diámetro de los túneles (2)	16 M
Elevación de entrada	64 MSNM
Longitud total	1,720 M
Volumen de la excavación del tunel	415,000 M ³
Velocidad permisible	11-12 M/SG
Cierre provisional de obturadores	2 De 6 M x 14 M
Tunel 1	h = 27 M
Cierre provisional obturador tunel	14 M x 14 M
2	h = 38 M
Cierre final obturador tunel 2	h = 40 M

CORTINA

Tipo de enrocamiento con pantalla de	
Concreto	235 MSNM
Elevación de la corona	642 M
Altura total del desplante	187 M
Volumen	14 Mill. M ³
Desplante	48 MSNM
Talud aguas arriba	1.5: 1
Talud aguas debajo	1.4: 1
Bordo libre	3 M
OBRA DE EXEDENCIAS, CON "AVENIDA MAXIMA PROBABLE"	
Gasto máximo avenida	17,482 M ³ /SG

Volumen de la avenida	6,966 Mill. M ³
	En 10 Días
Gasto de diseño descarga	13,000 M ³ /SG
Elevación de la cresta	210 MSNM
Longitud efectiva del cimacio	61.2 M
Compuertas	6 De 10.2 M de Ancho
	16,8 de Alto
Elevación labio superior	16 MSNM
Canal de servicio	51.4 M de Ancho
Canal auxiliar	23.8 M de Ancho
Longitud de los canales	432 M
Velocidad máxima	35 M/SG

OBRAS PARA GENERACION DE ENERGIA

Elevación de la obra de toma	Piso 170 M MSNM.
Dimensión de compuertas	5,8 x 7.4 M
Rejillas	19.8 x 18 M
Diámetro de la conducción a presión	7.4 M
Longitud de la conducción a presión	215 M
Gasto por diseño por unidad	249 M ³ /SG
Nivel medio de desfogue	68.5 MSNM
Velocidad de giro de las turbinas	150 RPM
Carga bruta máxima	159 M
Carga bruta mínima	120.6 M
Carga bruta de diseño	146 M

Generador de	337 MVA
Potencia de cada unidad	320 MW
Factor de planta medio anual	0.253
Generación media anual firme	1,574 GWH/Año
Generación media anual secundaria	557 GWH/Año
Nivel de la subestación	210 MSNM
2 líneas en primera etapa y una futura de	400 KV/C/U
Longitud hacia la red por Tepic	40 Km
por Tesisitan	215 Km

Estudios de la Secretaría de Recursos Hidráulicos

Desde 1972 aproximadamente, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, estudió el sitio de Aguamilpa como parte del plan hidráulico del noreste (plhino) el cual consistía en una serie de almacenamientos y conducciones que permitirían intercambiar y transferir agua desde el estado de Nayarit hasta Sonora con el objeto de abrir nuevas tierras de cultivo de riego. Al modificarse el plhino a principios de esta década, dejando fuera Aguamilpa, el sitio se hizo aún más atractivo para hidroelectricidad ya que toda el agua podría aplicarse a este fin.

Estudios de la Comisión Federal de Electricidad

Además del sitio de Aguamilpa, la CFE ha estudiado otros sitios en la proximidades de ésta, como es el caso de El Sordo y Colorines, determinándose las mejores condiciones geológicas en este último.

Aunque en forma incipiente, los estudios de la CFE se iniciaron desde 1954 y se han intensificado en esta década.

Los estudios geológicos en el sitio Colorines permitieron determinar la factibilidad geológica - geotécnica para la construcción de una presa en cualquiera de las opciones analizadas para definir el anteproyecto.

Dichas opciones fueron las de gravedad, arco - gravedad y materiales graduados para alturas de cortina entre 120 y 190 M de altura.

Además de los estudios geológicos, se han realizado estudios hidrológicos, de afectaciones al escurrimiento por usos futuros en la cuenca aguas arriba del sitio y agroeconómicos y sociales para determinar las afectaciones por embalse.

A nivel de anteproyecto se concluyó que la opción de la cortina más conveniente era la de materiales graduados, dándose por terminado el estudio en 1984.

A mediados de 1985 se iniciaron los trabajos de diseño

ejecutivo del proyecto. En esta etapa se detectó la costosa disponibilidad de los bancos de arcilla para el núcleo de la cortina, lo que obligó al estudio de una alternativa más.

El tipo de cortina de enrocamiento con cara de concreto resultó finalmente la más conveniente, dado que sus características se apegan notablemente a las condiciones del sitio.

Hidrología.

DATOS CLIMATOLOGICOS E HODROMETRICOS.

La cuenca del río Santiago cuenta con datos de 154 estaciones climatológicas y 26 estaciones hodrométricas, de las cuales las más antiguas operan desde 1933, la mayoría desde 1952 y las que definen los escurrimientos en Aguamilpa desde 1942.

Los registros de escurrimientos medios, máximos, azolves, evaporaciones, temperaturas, lluvias y ciclones han permitido determinar la magnitud del aprovechamiento, así como los gasto de diseño de las obras de desvío y de excedencias.

Estudios de avenidas

Los escurrimientos registrados en el sitio del proyecto están influenciados, al menos en pequeña escala, por la presa Santa Rosa que se encuentra aguas arriba. Por lo tanto, la determinación de las avenidas máximas en Aguamilpa asociadas a períodos de retorno bajos se hizo con métodos estadísticos, correlacionando los gastos máximos de la estación carrizal (a partir del cierre de Santa Rosa) con los de las estaciones San Cristobal II, el Caimán y Huaynamota, las cuales no están influenciadas por Santa Rosa y aforan prácticamente la totalidad de los escurrimientos que llegan al carrizal (estación ubicada en el sitio del proyecto). Para conocer el gasto máximo asociado a cualquier período de retorno en Carrizal, se calcula primero para cada una de las otras tres estaciones y se determina después para el Carrizal mediante la función de correlación.

Los gastos máximos para períodos de retorno bajos se usarán para diseñar la obra de desvío y para definir, junto con la "avenida máxima probable" la política de operación de compuertas de la obra de excedencias.

En cuanto a la avenida de diseño de la obra de excedencias, se aplicó el método de la precipitación máxima probable con transposición del ciclón más desfavorable. En

junio de 1982 se determinó el estudio correspondiente, según el cual dicha avenida tendría un gasto máximo de 17,482 M³/SG y un volumen de 6966 x 10³. El ciclón más desfavorable considerado fue el Beulah, que se presentó en septiembre de 1967.

Asolves

En diciembre de 1982 se terminó un análisis de sedimentos en toda la cuenta del Río Santiago. La conclusión de este estudio fue que el sedimento de arrastre de fondo es equivalente a un 33% adicional al de suspensión.

Geología Regional

En los alrededores del área de estudio existe un marco litológico regional conformado por rocas ígneas extrusivas e intrusivas del oligoceno mioceno al pleistoceno y reciente.

Las extrusivas están constituidas por tobas y derrames andesíticos del oligoceno mioceno, que conforman a la base de la secuencia volcánica y subyacen a tobas, derrames e ignimbritas dacíticas - riodiacíticas del mioceno. Estas rocas están cubiertas por tobas y derrames riolíticos

dacíticos y por tobas y derrames basálticos, ambos tipos de roca del plioceno - holoceno.

Las rocas intrusivas están representadas por granito calcoalcalino y monzonita, consideradas como parte del mismo cuerpo intrusivo, variando su composición en los diferentes afloramientos emplazados durante el mioceno medio, diques porfido andesítico y andesíticos del plioceno temprano y diques diabásicos del plioceno medio y pleistoceno. Toda secuencia está cubierta por suelo, depósitos de talud y aluvión.

Características del maciso rocoso

Las masas de roca fueron clasificadas utilizando los métodos de Barton (1976), Bieniawski (1979) y el de integración geofísica, los tres métodos reportaron valores compatibles de buena calidad, determinando que los macisos rocosos son satisfactorios para los propósitos geotécnicos de construcción.

El fracturamiento observado en los afloramientos fue clasificado en los sistemas principales NW - SW y otros dos sistemas poco predominantes. El fracturamiento estudiado en los sacavones posee las siguientes características: el primer grupo de fracturas muestras se presenta con rellenos

arcillosos de 1 a 5 cm. de espesor promedio, paredes rugosas, continuidad aproximada de 40 M. y espaciamiento medio de 10 M.1; el segundo grupo de fracturas de masa son rugosas, cerradas o selladas, continuidad de 15 M. y espaciamiento de 5 M.

En conclusión la roca es de buena calidad para las excavaciones subterráneas, el soporte de las excavaciones podrá consistir principalmente en anclas y ocasionalmente concreto lanzado y malla.

Se han efectuado en el socavón 8-C pruebas de roseta de deformaciones, gato plano y placa flexible, con el objeto de determinar el estado de esfuerzos in situ y la deformabilidad del maciso rocoso, para a su vez diseñar los tratamientos de las estructuras subterráneas de la margen derecha.

Materiales de Construcción

Se ha estudiado a la fecha una serie de bancos en una longitud de 15 km. sobre el cauce del río aguas abajo del sitio, todos con el fin de obtener los materiales de aluvi6n y finos para el cuerpo de la cortina y los agregados para concreto.

Anteriormente se habían localizado bancos de arcilla, cuando el anteproyecto marcaba que la cortina sería de materiales graduados.

Entre estos los más cercanos son el vicenteño y el chilte que dan la capacidad estimada para las ataguías además que se encuentran sobre el área de explotación de los 15 km. sobre el río.

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION.

Inicio obras de infraestructura	Enero 1989
Inicio de la obra de desvío	Mayo 1989
Inicio de las obras de contención	Agosto 1990
Desvío del río	Febrero 1991
Inicio de fabricación de turbinas	Mayo 1989
Inicio de fabricación de generadores	Agosto 1991
Inicio de obra de generación	Agosto 1990
Inicio de obras de exedencias	Mayo 1991
Cierre final de los tuneles de desvío	Junio 1994
Sincronización de la 1a. unidad Generadora	Noviembre 1994

DESCRIPCION DE LAS OBRAS.

Obras de desvío.

Consta de dos túneles de sección portal de 16 M. x 16 M. sin revestir, localizados en la margen izquierda del

río. El tipo de la obra de desvío obedece al tipo de cortina seleccionado y la configuración topográfica del cauce.

El inicio de la construcción de la obra de desvío se facilita debido a que el camino de acceso al sitio es también por la margen izquierda del río.

Cortina

Se estudiaron diferentes opciones del tipo de cortina, incluyendo las de arco-gravedad, materiales graduados y enrocamiento con cara de concreto (CFRD). Después de una evaluación técnica-económica se selecciona la del tipo CFRD; además del costo, los aspectos más importantes que llevaron a esta decisión fueron los de disponibilidad de materiales y tiempo requerido para la construcción.

La altura desde el desplante de la losa de pie hasta la corona es de 187 M. el área de la cara de concreto de 130,000 M². y el volumen de 14 x 10³.

El volumen de enrocamiento producto de las excavaciones necesarias para las otras partes del proyecto es de 4.0 x 10³, y se aprovechará para conformar la zona 3C de la presa. Se usaran gravas naturales de los bancos ubicados dentro de los 15 km. aguas abajo de la presa para conformar la zona 3B.

Obras de generación

El esquema adoptado consta de: canal de llamada a cielo abierto, tres conductos a presión, casa de máquinas y galería de oscilación subterráneas, túnel de desfogue, plataforma exterior de transformadores y subestación exterior. El aspecto más interesante y que representa un cambio respecto a los arreglos de otras casas de máquinas subterráneas en México, es la eliminación del piso de generadores, entre los pisos de turbinas y de excitadores, dejando en un mismo piso el acceso a los fosos de turbinas y de generador.

De esta forma se pretende reducir y simplificar las excavaciones de la casa de máquinas.

Obras de exedencias

Es un vertedor en canal a cielo abierto, con capacidad de 13,000 M³/SG para transitar una avenida con gasto máximo de 17,500 M³/SG, la cual se determinó con base a criterios de transposición de ciclones y precipitación máxima probable.

Extracción de aluvión

Descripción.

La cortina del proyecto hidroeléctrico Aguamilpa está constituida por material de enrocamiento, producto de las

excavaciones de las obras, aluvi6n proveniente de los bancos del r6o Santiago y una losa de concreto en la cara aguas arriba. Ya que la colocaci6n de estos materiales, en la presa, se encuentran en la ruta cr6tica, es necesario adelantar algunos trabajos antes del desv6o del r6o. (Ver Anexo 2. Localizaci6n de bancos de materiales).

El aluvi6n representa el 70% del cuerpo de la cortina, 10'000,000 M³ y puesto que la mayor parte se encuentra en el cauce del r6o y solamente se puede extraer en estiaje, es necesario dragar anticipadamente un volumen de 2'000,000 M³ y almacenarlo en zonas adecuadas para su transporte.

Características del aluvi6n.

La Granulometr6a del aluvi6n en los bancos es la adecuada para la construcci6n de la cortina, por lo cual no deber6 alterarse al ser extra6a. En t6rminos generales es:

- 40 - 50% Grava
- 50 - 60% Arenas
- 1 - 5% Finos

El almacenamiento del material se har6 de tal modo que se evite la segregaci6n. Los bancos de extracci6n ser6n el 2, 4 y 8.

De los bancos 2 y 4, se deberán extraer 1'800,000 M³ y del 8 los restantes 200,000 M³. En este último banco se hará un procesamiento para separar las partículas mayores a 3. (Ver Anexo 2. Localización geográfica por obras).

Dada la limitación de la extracción de material en época de avenidas, se requerirá equipo suficiente, para extraer y almacenar hasta 200,000 M³/mes. La extracción en el cauce se hará hasta 12 M. de profundidad, o lo que permita el banco, para el máximo aprovechamiento del mismo.

El alcance de los trabajos de este concurso es:

-Construcción y mantenimiento de los caminos de acceso a los bancos.

-Limpieza y regularización de las zonas de almacenamiento.

-Dragado del material, con las especificaciones requeridas, y colocación del mismo en bancos de almacenamiento.

-Procesamiento del material del banco No. 8.

ESTRUCTURAS PRINCIPALES

- Plinto.

El diseño del Plinto sigue conceptos tradicionales en Aguamilpa, en lo que se refiere al ancho respecto a la altura hidrostática del embalse. El lecho del río fue considerado un ancho de 9.00 m que corresponde a 0.05H, siendo H la altura del embalse, reduciéndose gradualmente

en un metro hasta obtener una dimensión de 5.00 m en las proximidades de la cresta.

Aunque en otras presas la losa del plinto ha sido fundada sobre una pequeña plantilla de concreto de regularización, en Aguamilpa fue especificado cimentar el plinto directamente sobre la roca, para evitar excesos de sobre-excavación y obtener un plinto monolítico directamente sobre la fundación.

- Cara de concreto.

La cara de concreto esta dividida en 44 losas longitudinales de 15m. de ancho, el espesor de la losa es variable de 0.85 m. en el fondo del río hasta 0.30 m. a la altura del parapeto, siguiendo la siguiente fórmula empírica: $T = 0.30 \text{ m} + KH$.

Donde H es la altura de la presa a partir de la cresta, y $K = 0.002 - 0.003$.

Aunque la tendencia moderna es reducir gradualmente el espesor de las losas, se consideró prudente utilizar el valor $K = 0.003$, dada la altura de la presa (1865m) que excede en 17% la altura de la mayor estructura construida hasta el momento.

Para calcular el refuerzo de la losa además de criterios empíricos usualmente utilizados en este tipo de presas, se dió énfasis a la experiencia observada en recientes estructuras, zonificando la losa en áreas de comprensión hacia el centro; por lo que se utilizaron porcentajes de refuerzo que varían entre 0.5% y 0.3% de la sección de la losa.

- Juntas.

Un aspecto importante que es conveniente es el tipo de juntas y su correspondiente tratamiento.

- Junta Perimetral.

El diseño de la junta perimetral es el resultado del análisis de comportamiento de estructuras similares en otros países y de ensayos efectuados en los laboratorios de la C.F.E; adoptando el sistema doble de sellos de P.V.C localizado en la parte central, y de cobre en la parte inferior de la losa apoyado sobre un relleno de arena asfalto.

. Juntas verticales.

Las juntas verticales son de diferentes tipos: las juntas centrales o de comprensión, localizadas en la parte central de la losa, conservan el sello de cobre inferior. Las juntas laterales, próximas a los estribos, que conservan los dos sellos y el tratamiento con ceniza

volante similar a la junta perimetral. Las juntas de transición localizadas entre las laterales y las centrales, en donde se conserva el sello de cobre solamente y el tratamiento con cenizas volantes.

. Juntas Horizontales.

Son las juntas de construcción de los arranques o de las diferentes etapas de la cara de concreto.

ESTRATEGIA CONSTRUCTIVA

Las condiciones hidrológicas del lugar imponen la necesidad de construir la presa en varias etapas, con el objeto de proporcionar la mayor seguridad posible contra períodos de grandes avenidas. Estas condiciones determinaron aplicar la siguiente estrategia constructiva:

- Adelantar la excavación del plinto antes de la limpieza del cauce, exceptuando los tramos inferiores para garantizar desplantarlos en roca firme.
- Iniciar la colocación de materiales simultáneamente con la extracción del material de excavación del plinto y del lecho del río.
- Crear un sistema de rampas y accesos que faciliten la colocación de materiales y concreto en cualquier época.
- Utilizar el material proveniente de las excavaciones de las estructuras y de los bancos de gravas en forma directa,

eliminando en lo posible la necesidad de acopios, especialmente para los enrocamientos.

A continuación se muestran las etapas de construcción definidas (ver Anexo 2).

- Etapa I.

Excavación del plinto y construcción del mismo hasta la cota 110, colocando todos los materiales, de aguas arriba, hasta la misma elevación.

Dejar una plataforma de trabajo para la construcción de losas de arranque y principales, subir la presa con materiales aluviales y enrocamiento hasta la elev. 140 dando una protección contra avenidas.

- Etapa II.

Cubrir la presa hasta la cota 180, en la zona de aguas arriba, colocando simultáneamente materiales aguas abajo, utilizando directamente material procedente de las excavaciones de las estructuras.

- Etapa III.

Construcción de la losa principal entre las elevaciones 98-178, nivelando simultáneamente la presa hasta misma cota.

- Etapa IV.

Construcción de la losa entre la 178 a 230, construcción de parapetos y rellenos finales de la cresta.

CAPITULO 2. CARACTERISTICAS DE LA MAQUINARIA QUE INTERVIENE EN LA CONSTRUCCION DE LA CORTINA

Es necesario analizar las características de la maquinaria, que interviene en la Hidroeléctrica Aguamilpa, tales como la relación de peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades; etc. ya que estas influyen directamente en la productividad; por lo que en este capítulo se tratan detalladamente dichas características.

2.1. MAQUINARIA DE EXPLOTACION DE LOS BANCOS DE GRAVA-ARENA DE RIO.

2.1.1. TRACTORES EMPUJADORES.

Las características generales de este tipo de maquinaria son las siguientes:

- Motores diésel con bombas y válvulas individuales libres de desajustes.
- Opción de transmisiones en la mayoría de los modelos: servotransmisión planetaria de una palanca, con conjunto de embrague de alta capacidad. Transmisión directa con embrague cat en aceite.

- Los embragues de dirección y frenos enfriados en aceite son estándar en la mayoría de los modelos, con excepción del D3C serie II y D8N. Mejora la confiabilidad y aumenta la vida útil de los componentes. Se utilizan frenos de discos en aceite en el D4H serie II y más grandes. Se usan bandas contráctiles en aceite en el D3C serie II y D4H serie II y D4C serie II. Proporcionan gran capacidad de frenado y una vida útil más larga.
- Dirección de diferencial estándar en el D8N, y optativa en el D3H serie II y D7H serie II, permite que el tractor realice giros a potencia en ambas cadenas para una mejor tracción y más rendimiento.
- Dirección de palanca combinada, a la izquierda del operador que facilita su operación en los tractores D4H serie II y más grandes. En el D3C serie II y en el D4C serie II es de pedal combinado estándar. En tanto que, palanca de embrague y freno, optativa en el D3C serie II y D4C serie II.
- La cadena sellada y lubricada reduce el desgaste interno de pasadores y bujes, lo que reduce los gastos de reparaciones.
- Los tractores D4H serie II y más grandes poseen rueda

motriz elevada con lo que eliminan los esfuerzos torsionales en los mandos finales debido al movimiento lateral de los bastidores de rodillos; así, los mandos finales solo arrastran la cadena. Además, los sellos se mantienen alejados de la suciedad, polvo y agua, lo cual les da una larga vida útil. Asimismo, la visibilidad a la hoja topadora es mayor ya que el asiento del operador está más alto.

- En los modelos D8N, D9N, D10N Y D11N, el tren de rodaje de soportes basculantes reduce los impactos transmitidos al tractor.
- El tren de rodaje de montaje rígido estándar en el D3N proporciona una plataforma estable para aplicaciones de acabado de pendientes.
- Los tractores D4H serie II y más grandes poseen un diseño modular que reduce los gastos por mano de obra, por remoción e instalación del tren de fuerza, lo que implica costos mas bajos de reparaciones.
- El tirante estabilizador en el D7H serie II y mas grande; y brazos de empuje en "L" en el D4H serie II al D6H serie II, permiten acercar la hoja topadora al tractor, lo cual reduce la longitud total del tractor, mejora su

maniobrabilidad, equilibrio y las fuerzas de penetración y desprendimiento con la hoja. (Ver Anexo 1. Tractores empujadores).

En el cuadro No. 1 se muestran las especificaciones de cada uno de los modelos de tractores.

CUADRO No. 1

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	D3C Serie II		D4C Serie II	
Potencia en el volante	52 KW	70 HP	60 KW	80 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	7084 kg	15.435 Ib	7581 kg	16.661 Ib
Con transmisión directa	-	-	-	-
Modelo de motor		3204		3204
RPM clasificadas del motor		2400		2400
Número de cilindros		4		4
Calibre	114 mm	4,5"	114 mm	4,5"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³	5,2 L	318 pulg ³
Rodillos de cadena (cada lado)		5		6
Ancho de la zapata estándar	356 mm	14"	406 mm	16"
Largo de cadena en el suelo	1,90 m	6'2,9"	2,05 m	6'8,9"
Área de contacto con el suelo	1,35m ²	2094 pulg ²	1,67m ²	2589 pulg ²
Entrevía	1,42 m	4'8"	1,42 m	4'8"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	1,69 m	5'6,7"	1,69 m	5'6,7"
Altura (a la parte superior de la estructura ROPS)	2,66 m	8'8,9"	3,88 m	8'8,9"
Largo total (con Hoja S)	3,70 m	12'3"	3,88 m	12'9"
(sin hoja)	2,79 m	9'1"	2,76 m	9'1"
Ancho (con muñón)		-		-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	1,79 m	5'10,6"	1,83 m	6'0"
Despejo sobre el suelo	294,8 mm	11,6"	294,8 mm	11'6"
Tipos y anchos de hoja:				
Receta	-	-	-	-
Orientable	-	-	-	-
Universal	-	-	-	-
Semluniversal	-	-	-	-
Hoja PAT recta/ orientable	2,41 m	7'11"	2,41 m	8'4"
	2,24 m	7'4"	2,28 m	7'6"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	121 L	31,9gal/EUA	114 L	30gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1.

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	D4H Serie II		D5H Serie II	
Potencia en el volante	71	95 HP	89 KW	120 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	10 250 kg	22.597 Ib	13 099 kg	28.817 Ib
Con transmisión directa	10 385 kg	22.985 Ib	13 177 kg	28.990 Ib
Modelo de motor		3204		3304
RPM clasificadas del motor		2200		2200
Número de cilindros		4		4
Calibre	114 mm	4,5"	121 mm	4,75"
Carrera	127 mm	5"	152 mm	6"
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³	7 L	425 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		7		6
Ancho de la zapata estándar	460 mm	18"	510 mm	20"
Largo de cadena en el suelo**	2,23 m	7'4"	5,31 m	7'6"
Area de contacto con el suelo	2,05 m ²	3168 pulg ²	2,35 m ²	3646 pulg ²
Entrevia	1,68 m	5'6"	1,80 m	5'9"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,10 m	6'10,5"	2,13 m	6'11,8"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	2,98 m	9'9,5"	2,93 m	9'7"
Largo total (con Hoja S)	4,26 m	13'11,5"	4,53 m	14'11"
(sin hoja)	3,42 m	11'2,5"	3,60 m	11'10"
Ancho (con muñón)		-	2,54 m	8'4"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,13 m	7'0"	2,31 m	7'7"
Despejo sobre el suelo	376 mm	14,8"	388 mm	15,3"
Tipos y anchos de hoja:				
Receta	2,59 m	8'6"	2,95 m	9'8,2"
Orientable	-	-	-	-
Universal	-	-	-	-
Semiuniversal	-	-	-	-
Hoja PAT recta/ orientable	2,64 m	8'8"	3,17 m	10'5"
orientable	2,44 m	8'0"	2,92 m	9'0,7"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	167 L	44 gal/EUA	246 L	65 gal/EUA

CUADRO No. 1.

TRACTORES DE CADENA - ESPECIFICACIONES

MODELO	D6H Serie II		D7H Serie II	
Potencia en el volante	123 KW	165 HP	160 KW	215 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	17 761 kg	39.075 Ib	24 195 kg	53.470 Ib
Con transmisión directa	17 765 kg	39.170 Ib	24 117 kg	53.298 Ib
(servotransmisión con dir de diferent)	17 838 kg	39.325 Ib	24 469 kg	54.070 Ib
Modelo de motor		3306		3306
RPM clasificadas del motor		1800		2100
Número de cilindros		6		6
Calibre	121 mm	4,75"	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		6		7
Ancho de la zapata estándar	560 mm	22"	560 mm	22"ES
Largo de cadena en el suelo**	2,62 m	8'7.1"	2,90 m	9'6"
Area de contacto con el suelo	2,94 m ²	4564 pulg ²	3,24 m ²	5016 pulg ²
Entrevia	1,88 m	6'1"	198 m	6'6"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,26 m	7'5"	2,44 m	8'0"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,12 m	10'3"	3,42 m	11'3"
Largo total (con Hoja S)	5,01 m	16'5"	5,56 m	18'3"
(sin hoja)	4,06 m	13'4"	4,62 m	15'2"
Ancho (con muñón)	2,64 m	8'8"	2,86 m	9'5"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,34 m	7'8,1"	2,54 m	8'4"
Despejo sobre el suelo	376 mm	14'8"	406 mm	16"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	3,35 m	11'0"	3,91 m	12'10"
Orientable recta	4,16 m	13'7,8"	4,49 m	14'9"
Orientable	3,78 m	12'4,7"	4,08 m	13'5"
Universal		-	3,96 m	13'1"
Semiuniversal	3,26 m	10'8,4"	3,66 m	12'1"
Hoja P		-		-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	337 L	89 gal/EUA	488 L	gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1.

TRACTORES DE CADENA - ESPECIFICACIONES

MODELO	DBN	
Potencia en el volante	212 KW	285 HP
Peso en orden de trabajo*		
Con servotransmisión	36 842 kg	81.22 Ib
Con transmisión directa	-	-
(Servotransmisión con dir. de diferent)	-	-
Modelo de motor		3406
RPM clasificadas del motor		2100
Número de cilindros		6
Calibre	137 mm	5'4"
Carrera	165 mm	6'5"
Cilindrada	1,66 L	100 cu in
Rodillos de cadena (cada lado)		8
Ancho de la zapata estándar	560 mm	22"
Largo de cadena en el suelo**	3,21 m	10'6"
Entrevía		
DIMENSIONES:		
Altura (parte superior desguarnecida)***	2,59 m	8'6"
Altura (a la parte superior de la estructura ROPS)	3,43 m	11'3"
Largo total (con Hoja S)	6,24 m	20'6"
(sin hoja)	4,93 m	16'2"
Ancho (con muñón)	3,04 m	10'
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,64 m	8'8"
Despejo sobre el suelo	532 mm	20'9"
Tipos y anchos de hojas:		
Recta	-	-
Orientable recta	4,96 m	16'3"
Orientable	-	-
Universal	4,26 m	14'0"
Semiuniversal	3,94 m	12'11"
Hoja P	-	-
capacidad de llenado del tanque de combustible	337 L	89 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1.

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENA

MODELO	D9N		D10N	
Potencia en el volante	274 KW	370 HP	338 KW	520 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	42 542 kg	93.789 Ib	57 410 kg	126.565 Ib
Modelo de motor	3408		3412	
RPM clasificadas del motor	1900		1900	
Número de cilindros	8		12	
Calibre	137 mm	5,4"	137 mm	5'4"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	18 L	1099 pulg ³	27 L	1649 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		8		8
Ancho de la zapata estándar	610 mm	24"	610 mm	24"
Largo de cadena en el suelo**	3,47 m	11'4,8"	3,87 m	12'8,5"
Area de contacto con el suelo	424 m ²	6571 pulg ²	4,73 m ²	7326 pulg ²
Entrevia	2,25 m	7'4,6"	2,55 m	8'4"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior de la guarnición)**	2,93 m	9'7,3"	3,197 m	10'5,9"
Altura(a la parte superior del techo ROPS)	3,91 m	12'9,8"	-	-
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	-	-	4,24 m	13'11"
Largo total (con Hoja S)	6,87 m	22'6,4"	7,76 m	25'5,3"
(sin hoja)	5,17 m	16'11,5"	5,59 m	18'3,9"
Ancho (con muñón)	3,25 m	10'8"	3,72 m	12'2,2"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,89 m	9'5,9"	3,30 m	10'9,8"
Despejo sobre el suelo	505 mm	19'9"	615 mm	29'2"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	-	-	-	-
Orientable recta/orientable	-	-	-	-
Universal	466 m	15'3,4"	5,26 m	17'3,2"
Semiuniversal	4,32 m	14'1,9"	4,86 m	15'11,4"
Hoja P	-	-	-	-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	792 L	209 gal/EUA	1023 L	270 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1.

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	D11N	
Potencia en el volante	575 KW	770 HP
Peso en orden de trabajo*		
Con servotransmisión	95 846 Kg	211.302 Ib
Modelo de motor		3508
RPM clasificadas del motor		1800
Número de cilindros		8
Calibre	170 mm	6'69"
Carrera	190 mm	7'48"
Cilindrada	35,5 L	2104 pulg ³
Rodillos de cadena (cada lado)		8
Ancho de la zapata estándar	270 mm	28"
Largo de cadena en el suelo**	4,44 m	14'7"
Entrevia	6,32 m ²	9800 pulg ²
DIMENSIONES		
Altura (parte superior desguarnecida)**	3,50 m	11'6"
Altura (parte superior del techo ROPS)		-
Altura (a la parte superior de la estructura ROPS)	4,56 m	14'11"
Largo total (con Hoja S)	4,39 m	27'6"
(sin hoja)	6,16 m	20'3"
Ancho (con muñón)		-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	3,78 m	12'5"
Despejo sobre el suelo	623 mm	24'5"
Tipos y anchos de hoja:		
Recta	5,65 m	18'6"
Orientable recta/orientable		-
Universal	6,41 m	21'0"
Semiuniversal		-
Hoja P		-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	1409 L	394 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1.

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	D4E		D5B	
Potencia en el volante	60 KW	80 HP	78 KW	105 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	9235 kg	20.363 Ib	11 320 kg	24.960 Ib
Con transmisión directa	9070 kg	20.000 Ib	11 140 kg	24.564 Ib
Modelo de motor	3304		3306	
RPM clasificadas del motor	2000 (PS)	1900 (DD)	1750	
Número de cilindros	4		6	
Calibre	121 mm	4,75"	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	7 L	425 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		5	6	
Ancho de la zapata estándar	406 mm	16"	406 mm	16"
Largo de cadena en el suelo**	1,83 m	6"	2,18 m	7'2"
Área de contacto con el suelo	1,48 m ²	2294 pulg ²	1,77 m ²	2745 pulg ²
Entreavía	1,52 m	5'0"	1,88 m	6'2"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	1,93 m	6'4"	1,93 m	6'4"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	2,90 m	9'7"	2,95 m	9'8"
Largo total (con Hoja S) (sin hoja)	3,20 m	10'6"	3,63 m	11'11"
Ancho (con muñón)		-		-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	1,98 m	6'6"	2,36 m	7'9"
Despejo sobre el suelo	360 mm	14'2"	280 mm	11"
Tipos y anchos de hojas:				
Recta		-		-
Orientable	3,12 m	10'3"	3,63 m	11'11"
Universal		-		-
Semiuniversal		-		-
Hoja PAT recta/		-		-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	238 L	63 gal/EUA	238 L	63 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1....

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	D6D	
Potencia en el volante	104 KW	1407 HP
Peso en orden de trabajo*		
Con servotransmisión	14 610 kg	32.215 Ib
Con transmisión directa	14 300 kg	31.530 Ib
Modelo de motor	3306	
RPM clasificadas del motor	1900	
Número de cilindros	6	
Calibre	121 mm	4'75"
Carrera	152 mm	6"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)	6	
Ancho de la zapata estándar	457 mm	18"
Largo de cadena en el suelo**	2,37 m	7'9"
Area de contacto con el suelo	2,16 m ²	3348 pulg ²
Entrevia	1,88 m	6'2"
DIMENSIONES:		
Altura (parte superior...)		
de la estructura**	2,03 m	6'8"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,06 m	10'0"
Largo total (con Hoja S)	4,80 m	15'9"
(sin hoja)	3,73 m	12'3"
Ancho (con muñón)		-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,36 m	7'9"
Despejo sobre el suelo	310 mm	14'2"
Tipos y anchos de hojas:		
Recta	3,20 m	10'6"
Orientable	3,90 m	12'9"
Universal		-
Semiuniversal		-
Hoja PAT		-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	295 L	78 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1....

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	D6E		D7G	
Potencia en el volante	116 KW	155 HP	149 KW	200 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	14 960 kg	32.987 Ib	20 666 kg	45.560 Ib
Con transmisión directa			20 510 kg	45.218 Ib
Modelo de motor	3306		3306	
RPM clasificadas del motor	1900		2000	
Número de cilindros	6		6	
Calibre	121 mm	4'75"	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	10,5	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		7		6
Ancho de la zapata estándar	508 mm	20"	508 mm	20"
Largo de cadena en el suelo**	2,67 m	8'9"	2,70 m	8'11"
Area de contacto con el suelo	2,72 m ²	4216 pulg ²	2,76 m ²	4280 pulg ²
Entrevia	1,88	6'2"	1,98 m	6'5"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,03 m	6'8"	2,27 m	7'5"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,06 m	10'0"	3,20 m	10'6"
Largo total (con Hoja S)	4,80 m	15'9"	5,28 m	17'4"
(sin hoja)	3,73 m	12'3"	4,19 m	13'9"
Ancho (con muñón)		-		-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,46 m	8'1"	2,55 m	8'5"
Despejo sobre el suelo	310 mm	12'2"	347 mm	13,7"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	3,20	10'6"	3,66 m	12'0"
Orientable	3,90	12'9"	4,27 m	14'0"
Universal		-	3,81 m	12'6"
Semiuniversal		-		-
Hoja PAT		-		-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	295 L	78 gal/EUA	435 L	115 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1....

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS

MODELO	DBL	
Potencia en el volante	250 kw	200 HP
Peso en orden de trabajo*		
Con servotransmisión	38 107 kg	84.026 Ib
Con transmisión directa		-
Modelo de motor		3408
RPM clasificadas del motor		1900
Número de cilindros		8
Calibre	137 mm	5,4"
Carrera	152 mm	6"
Cilindrada	18 L	1099 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		8
Ancho de la zapata estándar	560 mm	22"
Largo de cadena en el suelo**	3,22 m	10'6,5"
Area de contacto con el suelo	3,59 m ²	5565 pulg ²
Entrevia	2,28 m	7'6"
DIMENSIONES:		
Altura (parte superior desguarnecida)	2,50 m	9'6"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,87 m	12'8"
Largo total (con Hoja S)	6,22 m	20'5"
(sin hoja)	4,95 m	16'3"
Ancho (con muñón)		-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,84 m	9'4"
Despejo sobre el suelo	456 mm	18"
tipos y anchos de hoja:		
Recta	4,17 m	13'8"
Orientable		-
Universal		-
Semiuniversal		-
Hoja PAT		-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	753 L	199 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1....

TRACTORES DE CADENA - ESPECIFICACIONES
 * BAJA PRESION SOBRE EL SUELO (BPS)

MODELO	D3C BPS Serie II		D3C BPS-S Serie II	
	52 KW	70 HP	52 KW	70 HP
Potencia en el volante				
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	7788 kg	17.170 Ib	8592 kg	18.943 Ib
Con transmisión directa	7744 kg	17.072 Ib	-	-
Modelo de motor	2304		3204	
RPM clasificadas del motor	2400		2400	
Número de cilindros	4		4	
Calibre	144 mm	4'5"	114 mm	4'5"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"
Cilindrada	2,2 L	318 pulg ³	5,2 L	318 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		6		7
Ancho de la zapata estándar	635 mm	25"	990 mm	39"
Largo de cadena en el suelo**	2,05 m	6'8,9"	2,05 m	6'8,9"
Area de contacto con el suelo.	2,41 m ²	4045 pulg ²	4,85 m ²	7524 pulg ²
Entrenamiento	1,65 m	5'5"	2,00 M	6'6"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	1,69 m	5'6,7"	1,69 M	5'6,7"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	2,66 mm	8'8,9"	2,64 M	8'8"
Largo total (con Hoja S)	3,73 m	12'3"	4,18 M	13'9"
(sin hoja)	3,00 m	9'10,1"	3,40 M	11'2"
Ancho (con muñón)	-	-	-	-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,29 m	7'6"	3,00 m	9'10"
Despejo sobre el suelo	294,8 mm	11'6"	280 mm	11"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	2,80 m	9'2"	3,50 m	16'6"
Orientable	-	-	-	-
Hoja "p" Recta	3,16 m	10'4"	-	-
Orientable	2,85 m	9'4"	-	-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	121 L	31,9 gal/EUA	121 L	31,9 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1....

TRACTORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES

* BAJA PRESION SOBRE EL SUELO (BPS)

MODELO	D4C BPS		D4H BPS	
	Serie II		Serie II	
Potencia en el volante	60 KW	80 PH	71 KW	95 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	7905 kg	17.427 Ib	11 740 kg	25.882 Ib
Con transmisión directa	-		11 875 kg	26.180 Ib
Modelo de motor	3204		3204	
RPM clasificadas del motor	2400		2200	
Número de cilindros	4		4	
Calibre	114 mm	4'5"	114 mm	4'5"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³	5,2 L	318 pulg ³
Rodillos de cadena (cada lado)		6		7
Ancho de la zapata estándar	635 mm	25"	760 mm	30"
Largo de cadena en el suelo	2,05 m	6'8,9"	2,62 m	8'7"
Área de contacto con el suelo	2,61 m ²	4045 pulg ²	3,98 m ²	6170 pulg ²
Entrevía	1,65 m	5'5"	2,00 m	6'6"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	1,69 m	5'6,7"	2,20 m	7'3"
Altura (a la parte superior de la estructura ROPS)	2,66 m	8'8,9"	3,03	10'0"
Largo total (con Hoja S)	4,05 m	13'3,4"	4,93 m	16'2,9"
(sin hoja)	3,00 m	9'10,1"	-	-
Ancho (con muñón)	-	-	-	-
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	2,29 m	7'6"	2,76 m	9'1"
Despejo sobre el suelo	294,8 mm	11'6"	363 mm	14'3"
Tipos y anchos de hojas:				
Recta	-	-	3,26 m	10'8,2"
Orientable	-	-	-	-
Hoja "p" Recta	3,26 m	10'8"	3,26 m	10'8,2"
Orientable	2,85 m	9'4"	3,00 m	9'10,1"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	131 L	31,9 gal/EUA	167 L	44 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 1....

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS
 * BAJA PRESION SOBRE EL SUELO (BPS)

MODELO	D5H BPS		D6H BPS	
	Serie II		Serie II	
Potencia en el volante	93,3 kw	125 HP	127 KW	170 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	15 810 kg	34.782 Ib	19 814 kg	43.590 Ib
Con transmisión directa	15 892 kg	34.961 Ib	19 989 kg	43.976 Ib
(Servotransmisión dir de dif.)		-	20 060 kg	44.131 Ib
Modelo de motor		3304		3306
RPM clasificadas del motor		2200		1800
Número de cilindros		4		6
Calibre	121 mm	4,75"	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	7 L	425 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)		8		8
Ancho de la zapata estándar	860 mm	34"	918 mm	36"
Largo de cadena en el suelo	3,12 m	10'3"	3,27 m	10'8,5"
Área de contacto con el suelo	5,37 m ²	8320 pulg ²	597 m ²	9254 pulg ²
Entrevía	2,16 m	7'1"	2,23 m	7'3"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desgarnecida)**	2,30 m	7'6,5"	2,32 m	7'7"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,12 m	10'3"	3,16 m	10'5"
Altura (al techo ROPS)	3,18 m	10'5"	-	-
Largo total (con Hoja S)	5,30 m	17'6,3"	5,18 m	17'0"
(sin hoja)	4,13 m	13'7"	4,49 m	14'9"
Ancho (con muñón)	3,26 m	10'8,4"	3,43 m	11'3"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	3,02 m	9'11"	3,14 m	10'3,6"
Despejo sobre el suelo	444 mm	17,5"	382 mm	15"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	3,65 m	12'0"	3,99 m	13'1"
Orientable	-	-	-	-
Universal	-	-	-	-
Semiversal	-	-	-	-
Hoja "P" Recta	3,98 m	13'1"	-	-
Orientable	3,66 m	11'11,9"	-	-
capacidad de llenado del tanque de combustible	246 L	65 gal/EUA	337 L	89 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No 1....

ESPECIFICACIONES - TRACTORES DE CADENAS
 * BAJA PRESION SOBRE EL SUELO (BPS)

MODELO	D7H BPS Serie II	
Potencia en el volante	160 KW	215 HP
Peso en orden de trabajo*		
Con servotransmisión	25 886 kg	57.645 Ib
Con transmisión directa	26 040 kg	57.903 Ib
(Servotransmisión dir de dif.)	26 087 kg	58.248 Ib
Modelo de motor	3306	
RPM clasificadas del motor	2100	
Número de cilindros	6	
Calibre	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"
Cilindrada	10,6 L	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)	7	
Ancho de la zapata estándar	915 mm	36"
Largo de cadena en el suelo	3,17 m	10'5,4"
Area de contacto con el suelo	5,83 m ²	9029 pulg ²
Entrevia	2,23 m	7'3"
DIMENSIONES:		
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,55 m	8'4"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,42 m	11'2,6"
Altura (al techo ROPS)	3,50 m	11'6"
Largo total (con Hoja S)	5,54 m	18'2"
(sin hoja)	4,62 m	15'2"
Ancho (con muñón)	3,37 m	11'1"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	3,15 m	10'4"
Despejo sobre el suelo	490 mm	19,3"
Tipos y anchos de hoja:		
Recta	4,40 m	14'5"
Orientable	-	-
Universal	-	-
Semiuniversal	-	-
Hoja "P" Recta	-	-
Orientable	-	-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	488 L	129 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No.1....
TRACTORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES
 * BAJA PRESION SOBRE EL SUELO (BPS)

MODELO	D6D BPS		D7G BPS	
Potencia en el volante	104 KW	140 HP	149 KW	200 HP
Peso en orden de trabajo*				
Con servotransmisión	17 373 kg	38.300 Ib	23 630 kg	52.100 Ib
Con transmisión directa	-	-	-	-
Modelo de motor	3306		3306	
RPM clasificadas del motor	1900		2000	
Número de cilindros	6		6	
Calibre	121 mm	4,75"	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)	7		7	
Ancho de la zapata estándar	910 mm	6"	860 mm	34"
Largo de cadena en el suelo	2,87 m	9'5"	3,05 m	10'0"
Area de contacto con el suelo	5,25 m ²	8136 pulg ²	5,26 m ²	8160 pulg ²
Entrevía	2,11 m	6'9"	2,18 m	7'2"
DIMENSIONES:				
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,05 m	6'8"	2,26 m	7'5"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	2,92 m	9'7,5"	3,20 m	10'6"
Largo total (con Hoja S)	5,16 m	16'11"	5,69 m	18'8"
(sin hoja)	3,94 m	12'11"	4,22 m	13'10"
Ancho (con muñón)	3,02 m	9'11"	3,33 m	10'11"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	310 mm	12'2"	347 mm	13'7"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	3,71 m	12'2"	4,17 m	13'8"
Universal	-	-	-	-
Hoja PAT	-	-	-	-
Capacidad de llenado del tanque de combustible	295 L	78 gal/EUA	435 L	115 gal/EUA

CONTINUA CUADRO NO. 1....

TRACTORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES
 * BAJA PRESION SOBRE EL SUELO (BPS)

MODELO	DEL BPS	
Potencia en el volante	250 KW	335 HP
Peso en orden de trabajo*		
Con servotransmisión	39 483 kg	87.043 Ib
Con transmisión directa	-	-
Modelo de motor	3408	
RPM clasificadas del motor	1900	
Número de cilindros	8	
Calibre	137 mm	5,4"
Carrera	152 mm	6"
Cilindrada	18 L	1099 pulg ³
Rodillos de cadena(cada lado)	8	
Ancho de la zapata estándar	914 mm	36"
Largo de cadena en el suelo	3,213 m	10'6,5"
Area de contacto con el suelo*	5,87 m ²	9108 pulg ²
Entrevia	2,54 m	8'4"
DIMENSIONES:		
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,90 m	9'6"
Altura(a la parte superior de la estructura ROPS)	3,87 m	12'9"
Largo total (con Hoja S)	6,23 m	20'5"
(sin hoja)	4,95 m	16'3"
Ancho (con muñón)	3,18 m	10'5,4"
Ancho (sin muñón - con zapatas estándar)	458 mm	18"
Tipos y anchos de hoja:		
Recta	4,92 m	16'2"
Universal	-	-
Hoja PAT	5,25 m	17'3"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	753 L	199 gal/EUA

El cuadro No. 2 muestra las velocidades de desplazamiento; tanto de avance como de retroceso, que cada uno de los modelos pueden alcanzar.

CUADRO No. 2

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO - TRACTORES DE CADENA
• SERVOTRANSMISION

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO.

Modelo	D3C*SerieII		D4C SerieII		D5H SerieII		D6H SerieII		de Difer.			
	D3C* BPS		D4C BPS		D4H BPS		D5H BPS		D6H BPS			
	Servotrans.Serie II		Serie II		Serie II		Serie II		Serie II			
VEL DE AVANCE	kg/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	3,1	1,9	3,2	2,0	3,5	2,2	3,3	2,1	3,7	2,3	3,8	2,3
2a	5,9	3,7	6,0	3,7	6,2	3,9	5,9	3,7	6,6	4,1	6,6	4,1
3a	10,7	6,7	11,1	6,9	10,2	6,3	10,0	6,2	11,3	7,0	11,4	7,1
VEL DE RETROCESO	kg/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	3,3	2,0	3,4	2,1	4,3	2,7	4,2	2,6	4,8	3,0	4,8	3,0
2a	6,3	3,9	6,5	4,0	7,5	4,7	7,3	4,5	8,4	5,2	8,4	5,2
3a	11,4	7,1	11,6	7,4	12,2	7,6	12,5	7,8	13,4	8,3	13,4	8,9

Modelo	D7C*SerieII		D7C SerieII		D8N		D9N		D10N		D11N	
	D7C* BPS		D7H BPS									
	Servotrans.Serie II		Serie II									

Modelo	D7C*SerieII		D7C SerieII		D8N		D9N		D10N		D11N	
	D7C* BPS		D7H BPS									
	Servotrans.Serie II		Serie II									
VEL DE AVANCE	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	3,9	2,4	3,7	2,3	3,5	2,2	3,9	2,5	4,0	2,5	3,9	2,4
2a	6,8	4,2	6,5	4,0	6,2	3,9	6,9	4,3	7,1	4,4	6,8	4,2
3a	11,9	7,4	11,1	6,9	10,8	6,7	12,1	7,5	12,5	7,7	11,6	7,2
VEL DE RETROCESO	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	4,8	3,0	4,6	2,9	4,7	2,8	4,8	3,0	5,0	3,1	4,7	2,9
2a	8,4	5,2	8,0	5,0	8,1	5,0	8,9	5,5	8,2	5,1	8,2	5,1
3a	14,3	8,9	13,7	8,5	13,9	8,7	14,9	9,3	15,6	9,7	14,1	8,8

CONTINUA CUADRO No. 2....

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO - TRACTORES DE CADENAS
* SERVOTRANSMISION

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO

Modelo con Servotrans.	D4E		D5B		D6D D6D BPS		D6E		D7G D7G BPS		D8L ** D8L BPS	
VEL DE AVANCE	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	3,4	2,1	3,5	2,2	4,0	2,5	4,0	2,5	3,7	2,3	3,9	2,4
2a	6,0	3,7	6,1	3,8	6,9	4,3	6,9	4,3	6,6	4,1	6,8	4,2
3a	9,5	5,9	10,1	6,3	10,8	6,7	10,8	6,7	10,0	6,2	11,9	7,4
VEL DE RETROCESO												
1a	4,0	2,5	4,2	2,6	4,8	3,0	4,8	3,0	4,5	2,8	4,8	3,0
2a	7,1	4,4	7,4	4,6	8,4	5,2	8,4	5,2	7,9	4,9	8,4	5,2
3a	11,4	7,1	12,2	7,6	12,9	8,0	12,9	8,0	12,2	7,6	14,8	9,2

CONTINUA CUADRO No. 2....

TRACTORES DE CADENAS - VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO Y
FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE
• TRANSMISION DIRECTA

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO.

TRANSMISION DIRECTA MODELO	D3C BPS SerieII Trans. optativa con vel. de trabajo muy próximas		D4H SerieII D4H BPS Serie II Trans.están		D5H II Trans.están		D5H BPS Serie II Trans.están.	
	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
AVANCE								
1a	2,48	1,5	2,5	1,6	2,7	1,7	2,7	1,7
2a	4,0	2,1	3,2	2,0	3,4	2,1	3,5	2,2
3a	4,68	2,9	4,2	2,6	4,5	2,8	4,6	2,9
4a	6,45	4,0	5,5	3,42	5,4	3,6	7,8	4,9
5a	8,37	5,2	7,2	4,5	7,6	4,7	10,3	6,4
6a	-	-	9,5	5,9	10,0	6,2	-	-
RETROCESO								
1a	3,06	1,9	3,3	2,1	3,3	2,1	3,3	2,1
2a	4,19	2,6	4,2	2,6	4,2	2,6	4,3	2,7
3a	5,77	3,6	5,6	3,5	5,6	3,5	5,77	3,6
4a	8,05	5,0	7,2	4,5	7,2	4,5	7,5	4,6
5a	-	-	9,5	5,9	9,4	5,8	9,7	6,0
6a	-	-	12,4	7,7	12,4	7,7	12,8	7,9

CONTINUA CUADRO No. 2....

TRACTORES DE CADENAS - VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO Y
FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE
* TRANSMISION DIRECTA

FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE*

		D3C BPS SerieII Trans. optativa con			D4H SerieII D4H BPS			D5H BPS Serie II		
TRANSMISION		vel. de			trabajo			muy próximas		
DIRECTA					Serie II			Trans.están		
MODELO					D5H II			Trans.están		
VEL DE	a RMP indicadas	a RMP indicadas		a RMP indicadas		a RMP indicadas		a RMP indicadas		
AVANCE	kN kg Ib	kN kg Ib	kN kg Ib	kN kg Ib	kN kg Ib	kN kg Ib	kN kg Ib	kN kg Ib		
1a	58,5 5963 13 182	73,1 7454 16 434	89,7 9170 20 150	94,2 9600 21 170						
2a	41,8 4262 9396	56,1 5715 12 599	68,7 7005 15 440	72,2 7365 16 240						
3a	29,4 3004 6623	41,5 4235 9336	50,9 5190 11 440	53,5 5460 12 040						
4a	19,3 1972 4348	30,7 3132 6904	37,6 3835 8450	39,7 4045 8917						
5a	14,1 1437 3167	22,3 2280 5020	27,3 2785 6140	28,9 2950 6500						
6a	-	15,6 1600	19,1 1950 4300	20,3 2075 4570						
	Máx.a sobrecarga del motor	Máx.a sobrecarga del motor	Máx.a sobrecarga del motor	Máx.a sobrecarga del motor						
1a	75,5 7692 16 958	95,7 9767 21 533	120,1 1225 27 0	133,4 13595 29 9						
2a	54,2 9524 12 179	73,7 7522 16 583	92,7 9435 28 0	102,9 10495 23 1						
3a	38,5 3921 9644	55,0 5613 12 375	69,1 7045 15 5	77,0 7850 17 3						
4a	25,9 2637 5814	41,1 4195 9248	51,6 5260 11 6	57,7 5880 12 9						
5a	19,2 1995 4310	30,3 3093 6818	38,0 3880 8550	42,7 4360 9610						
6a	-	21,7 2115 4886	27,3 2780 6130	30,8 3145 6930						

CONTINUA CUADRO No. 2....

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO - TRACTORES DE CADENAS
FUERZA DE LA BARRA DE TIRO EN AVANCE
* TRANSMISION DIRECTA

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO

TRANSMISION		D6H Serie II		D6H BPS Serie II		D7H Serie II Y		D4E		
DIRECTA	D6H Serie II	D6H BPS Serie II	D6H BPS Serie II	D7H Serie II	D7H Serie II	D7H Serie II	D7H Serie II	D4E	D4E	
MODELO	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	Trans. Están.	
VEL DE AVANCE	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	2,7	1,7	2,7	1,7	2,7	1,7	2,7	1,7	2,7	1,7
2a	3,5	2,2	3,5	2,2	3,5	2,2	3,5	2,2	4,0	2,5
3a	4,6	2,9	4,6	2,9	4,6	2,9	4,6	2,9	5,5	3,4
4a	5,8	3,6	5,8	3,6	5,8	3,6	5,8	3,6	7,2	4,5
5a	7,4	5,7	7,6	4,7	7,6	4,7	7,6	4,7	9,5	5,9
6a	10,0	6,2	10,0	6,2	10,0	6,2	10,0	6,2	-	-
Vel. De RETROCESO	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a	3,3	2,1	3,3	2,1	3,3	2,1	3,3	2,1	3,4	2,1
2a	4,3	2,7	4,3	2,7	4,3	2,7	4,3	2,7	4,7	2,9
3a	5,6	3,5	5,6	3,5	5,6	3,5	5,6	3,5	6,6	4,1
4a	7,1	4,4	7,1	4,4	7,1	4,4	7,1	4,4	8,5	5,3
5a	9,2	5,7	9,2	5,7	9,2	5,7	9,2	5,7	11,1	6,9
6a	12,2	7,6	12,2	7,6	12,2	7,6	12,2	7,6	-	-

CONTINUA CUADRO No. 2....

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO - TRACTORES DE CADENAS
FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE
* TRANSMISION DIRECTA

FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE

TRANSMISION DIRECTA	D6H Serie II Trams. Están.			D6H BPS Serie II Trans. Están.			D7H Serie II Y D7H Serie II Trans. Están.			D4E Trans. Están.		
MODELO	a RPM indicadas			a RMP indicadas			a RMP indicadas			a RMP indicadas		
	KN	kg	Ib	KN	kg	Ib	KN	kg	Ib	KN	kg	Ib
1a.	122,5	12 500	27.530	126,9	12 930	28.520	165,2	16 834	37.113	63,8	6500	14.330
2a.	93,2	9520	20.960	96,7	9850	21.730	126,2	12 861	28.353	43,5	4430	9770
3a.	70,0	7140	15.740	72,7	7410	16.330	95,2	9703	21.390	29,6	3020	6660
4a.	53,3	5440	11.990	55,4	5650	12.460	73,0	7436	16.394	21,3	2170	4780
5a.	39,3	4010	8830	40,9	4170	9190	54,2	5522	12.173	14,8	1510	3330
6a.	27,6	2820	6210	28,8	2940	6880	38,7	3940	8686	-	-	-
	Máx. a sobrecarga del motor			Máx. a sobrecarga del motor			Máx. a sobrecarga del motor			Máx. a sobrecarga del motor		
1a.	159,0	16 220	35.750	168,8	17 200	37.930	218,0	22 206	48.995	76,9	7840	17.285
2a.	121,6	12 410	27.340	129,2	13 170	29.030	166,7	16 994	37.465	52,7	5375	11.850
3a.	91,9	9370	20.650	97,7	9960	21.960	126,4	12 888	28.412	36,2	3695	8145
4a.	70,5	7200	15.860	95,1	7660	16.880	97,5	9941	21.916	26,4	2690	5930
5a.	52,5	5360	11.810	56,1	5710	12.600	73,1	7451	16.427	18,7	1910	4210
6a.	37,6	3840	8460	40,3	410	9050	53,0	5395	11.894	-	-	-

CONTINUA CUADRO No. 2.....

TRACTORES DE CADENAS - VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO
FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE
* TRANSMISION DIRECTA

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO

TRANSMISION DIRECTA MODELO	DSB Trans. Están			D6D y D6D BPS Trans. Están			D7G y D7G BPS Trans. Están		D7G Trans. Están.	
VEL. DE AVANCE	km/h	km/h	mph	km/h	mph	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a.	2,7		1,7	2,7		1,7	2,6	1,6	3,5	2,2
2a.	4,2		2,6	4,0		2,5	3,7	2,3	4,8	3,0
3a.	5,8		3,6	5,6		3,5	5,3	3,3	5,6	3,5
4a.	8,0		5,0	7,9		4,9	7,9	4,9	6,4	4,0
5a.	11,1		6,9	11,1		6,9	10,3	6,4	7,2	4,5
6a.		-			-			-	8,2	5,1
VEL. DE RETROCESO	km/h	km/h	mph	km/h	mph	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a.	3,4		2,1	3,4		2,1	3,1	1,9	4,0	2,5
2a.	5,3		3,3	4,8		3,0	4,3	2,7	5,6	3,5
3a.	7,4		4,6	6,9		4,3	6,3	3,9	6,8	4,2
4a.	10,1		6,3	9,7		6,0	9,3	5,8	7,6	4,7
5a.		-			-			-		
6a.		-			-			-		

CONTINUA CUADRO No. 2....

TRACTORES DE CADENAS - VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO
FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE
* TRANSMISION DIRECTA

FUERZA EN LA BARRA DE TIRO EN AVANCE

TRANSMISION DIRECTA MODELO	D5B Trans. Están			D6D y D6D BPS Trans. Están			D7G y D7G BPS Trans. Están			D7G Trans. Están.		
	VEL. DE AVANCE	a RMP indicadas KN kg Ib	a RMP indicadas KN kg Ib	a RMP indicadas KN kg Ib	a RMP indicadas KN kg Ib	a RMP indicadas KN kg Ib	Máx. a sobrecarga del motor	Máx. a sobrecarga del motor	Máx. a sobrecarga del motor	Máx. a sobrecarga del motor		
1a.	86,1	8770	19.340	112,9	11 500	25.360	163,0	16 610	26.630	118,4	12 560	27.680
2a.	54,0	5500	12.130	76,1	7750	17.090	109,9	11 200	24.690	83,5	8700	19.190
3a.	36,8	3750	8270	50,8	5180	11.420	73,4	7480	16.500	69,1	7110	15.680
4a.	24,9	2540	5600	32,9	3350	7385	46,9	4780	10.540	60,5	6170	13.600
5a.	16,3	1660	3660	20,5	2090	4610	34,5	3510	7750	51,7	5190	11.450
6a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45,1	4460	9840
1a.	109,2	11 130	24.540	143,6	14 640	32.280	209,8	21 390	47.150	153,0	16 080	35.440
2a.	69,1	7040	15.525	97,6	9950	21.940	142,2	14 500	31.960	108,7	11 260	24.830
3a.	47,6	4850	10.695	66,1	6740	14.860	95,9	9770	21.550	90,4	9270	20.440
4a.	32,9	3350	7385	43,7	4450	9810	62,1	6330	13.950	79,5	8040	17.840
5a.	22,1	2250	4960	28,3	2880	6350	46,3	4710	10.400	68,3	6870	15.150
6a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,9	5960	13.130

2.1.2. RETROEXCAVADORAS

Gama de alcance: 235 C

Pluma de una pieza, límites de excavación:

- Zapatas estándar y tren de rodaje.
- Cucharón para excavación.

Clave:

- A Altura máxima de carga del cucharón con dientes.
- B Alcance máximo a nivel del suelo.
- C Profundidad máxima de excavación.
- D Excavación vertical máxima.
- E Profundidad máxima de excavación con fondo plano de 2,44 m (8').
- F Altura máxima del pasador de articulación del cucharón.
- G Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco.

CUADRO No 3

235c

Brazo	2400 mm	8'0"	2900 mm	9'6"	3660 mm	12'0"
	m	pies	m	pies	m	pies
A	6,31	20'8"	6,44	21'2"	6,66	21'10"
B	10,88	35'9"	11,30	37'1"	12,00	39'5"
C	6,97	22'10"	7,43	24'4"	8,19	26'10"
D	4,79	15'9"	5,09	17'0"	5,88	19'3"
E	6,79	22'3"	7,27	23'10"	8,05	26'5"
F	8,19	26'10"	8,32	27'4"	8,55	28'0"
G	9,55	31'4"	9,68	31'9"	9,90	32'6"

Gama de alcance: 245B Serie II

Pluma de una pieza, límites de excavación:

- Zapatas estándar y tren de rodaje.
- Cucharón para excavación.

Clave:

A Altura máxima de carga del cucharón con dientes.

B Alcance máximo a nivel del suelo.

C Profundidad máxima de excavación.

D Excavación vertical máxima.

E Profundidad máxima de excavación con fondo de 2,44m (8').

F Altura máxima del pasador de articulación del cucharón.

G Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco.

(Ver Anexo 1. Retroexcavadoras).

CUADRO No. 4

245B Serie II

Brazo	2590 mm	8'6"	3200 mm	10'6"	4420 mm	14'6"
	m	pies	m	pies	m	pies
A	7,60	24'11"	7,88	24'7"	7,87	25'10"
B	12,41	40'9"	12,83	42'1"	13,94	45'9"
C	7,79	25'7"	8,50	27'7"	9,60	31'6"
D	5,07	16'8"	5,36	17'7"	6,46	21'2"
E	7,63	25'0"	8,24	27'1"	9,48	31'1"
F	9,82	32'3"	9,73	31'11"	10,09	33'1"
G	11,52	37'10"	11,38	37'3"	11,71	38'5"

CAPACIDADES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR

Capacidad a ras

El volumen de material dentro del contorno de las planchas laterales, delantera y trasera sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.

Capacidad colmada

El volumen del cucharón cargado a ras más el volumen de material encima de nivel a ras, con un ángulo de reposo de 1:1 sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.

La Comisión de Equipo de Construcción Europeo (CECE) clasifica el volumen del cucharón colmado con un ángulo de reposo de 2:1 para el material encima del nivel a ras.

FUERZAS DE ATAQUE Y PLEGADO

La penetración del cucharón en un material se logra mediante la fuerza del plegado del cucharón y la fuerza de empuje del brazo. Las fuerzas de excavación clasificadas son las fuerzas máximas que se pueden ejercer en el punto de corte más alejado. Se pueden calcular estas fuerzas aplicando presión hidráulica de alivio al cilindro que proporciona la fuerza de excavación.

SELECCION DE CUCHARONES SEGUN LA FUERZA DE PLEGADO DEL CUCHARON Y LA DE ATAQUE DEL BRAZO

La fuerza de ataque del brazo y la fuerza de plegado del cucharón proporciona a éste una fuerza más segura de penetración por milímetro de corte en esta configuración de máquina que con otro tipo de máquina como cargadoras de ruedas o de cadenas.

Debido a las altas fuerzas de penetración, es fácil cargar el cucharón de una excavadora. Además como la mayor fuerza de desprendimiento amplía el campo de utilización económica de una excavadora, se usan ahora sin voladura previa y en suelos más duros (coral, caliche, arcilla, esquistosa, piedra caliza). (Ver Anexo 1. Retroexcavadora explotando banco de aluición).

Para obtener provecho máximo de las altas fuerzas de penetración de una excavadora, se deben elegir cucharones adecuados a las condiciones del terreno en que se van a usar. Los dos factores de importancia que deben considerarse son el ancho del cucharón y el radio de plegado.

Como regla general, se usan cucharones anchos en terrenos fáciles de excavar, y cucharones angostos en terrenos duros. Al elegir cucharones para trabajos en suelos duros y rocosos, considere también el radio de plegado. Como los cucharones con menor radio de plegado

proporcionan mayor fuerza de plegado del cucharón que los que tienen mayor radio de plegado, suele ser más fácil de cargarlos. Una buena regla empírica al elegir un cucharón Carterpillar para terreno duro es seleccionar el cucharón más angosto con un radio de plegado corto.

CARGA UTIL DEL CUCHARON

En una excavadora, la carga útil del cucharón (la cantidad de tierra del cucharón en cada ciclo de excavación) depende del tamaño y forma del cucharón, la fuerza de plegado y de ciertas características del suelo, tales como el factor de llenado de ese tipo de tierra. Se indican a continuación los factores de llenado de diversos materiales.

Material	Factor de llenado (Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón)
Marga mojada o arcilla arenosa	100 a 110%
Arena y grava	95 a 110%
Arcilla dura y tenaz	80 a 90%
Roca bien fragmentada por voladura	60 a 75%
Roca mal fragmentada por voladura	40 a 50%

SELECCION DE EXCAVADORAS:

CADENAS vs RUEDAS

De cadenas

Si la aplicación no requiere demasiado movimiento de sitio a sitio o en la obra misma, una excavadora de cadenas resulta una buena opción. Las excavadoras de cadenas proporcionan tracción y flotación buenas en casi toda clase de terrenos. La potencia buena y constante con la barra de tiro proporciona excelente maniobrabilidad. El tren de rodaje de cadenas proporciona también buena estabilidad. Si la aplicación requiere reubicación continua, una excavadora de cadenas proporcionará una operación más eficiente - en donde la reubicación de estabilizadores toma demasiado tiempo.

De ruedas

Movilidad es el factor más importante de las excavadoras de ruedas. Por ejemplo, una excavadora de ruedas puede transportarse por sí misma al sitio de trabajo y de regreso sin necesidad de ser transportada por camión. Además estas unidades pueden desplazarse por caminos pavimentados sin dañarlos. Pero es importante destacar que necesita una superficie relativamente horizontal para poder trabajar.

Características:

Cadenas	Ruedas
- Flotación.	- Movilidad.
- Tracción.	- No dañan el pavimento.
- Maniobrabilidad.	- Mejor estabilidad con estabilizadores u hoja.
- Para terrenos muy difíciles	- Nivelación de las máquinas con estabilizadores.
- Reubicación más rápida de la maquina.	- Capacidad de trabajo con la hoja.

SELECCION DE ZAPATAS PARA EXCAVADORAS

Se puede extender la vida útil del tren de rodaje apareando correctamente la máquina a la aplicación.

Muchas de las excavadoras trabajan en pavimento o suelos lisos, terrenos blandos, y experimentan pocos problemas con el tren de rodaje. Pero si las mismas máquinas (equipadas usualmente con zapatas anchas) se pusieran a trabajar en terrenos duros, destruirían rápidamente el tren de rodaje.

La regla empírica que se usa para otras máquinas de cadenas -"Cuando sea posible use las zapatas más angostas"- es aún más pertinente en excavadoras; aunque esto depende de la superficie de sustentación.

La mejor zapata para uso general es la de tres garras. Tiene un buen módulo de sección y representa la mejor avenencia entre tracción y daños mínimos al pavimento.

La zapata de dos garras tiene un mejor módulo de sección y más sección que las tres garras. Se ofrecen también zapatas de una garra para obtener máxima tracción.

TIEMPOS DE CICLO

El ciclo de excavación de la excavadora consta de cuatro partes:

1. Carga del cucharón.
2. Giro con carga.
3. Descarga del cucharón.
4. Giro sin carga.

El tiempo total del ciclo de la excavadora depende del tamaño de la máquina (las máquinas pequeñas tienen ciclos más rápidos que las máquinas grandes) y de las condiciones de la obra. A medida que éstas se hacen más difíciles se dificulta más la excavación, la zanja es más profunda, hay más obstáculos, etc. y baja el rendimiento de la excavadora. A medida que se endurece el suelo y se dificulta su excavación, se tarda más en llenar el cucharón. A medida que las zanjas se hacen más profundas y aumenta la pila del material que se extrae, el cucharón tiene que bajar más

lejos y la superestructura tiene que hacer mayores giros con cada ciclo de trabajo.

La ubicación de la pila del material y del camión afectan también al ciclo de trabajo. Si el camión se estaciona en el área inmediata de excavación contiguo a la pila de material, son posibles ciclos de 10 a 7 segundos. El extremo opuesto sería con el camión o la pila de material por encima del nivel de la excavadora, a 180° del sitio de excavación.

En construcción de cloacas, puede no ser posible que el operador trabaje a plena velocidad porque tiene que excavar alrededor de cables eléctricos del servicio público existente, cargar el cucharón en una zanja con protección, o tener cuidado con personal trabajando en el área (ver Anexo 1).

CUADRO No. 5

Modelo	235C	
Potencia al volante	186 KW	250 HP
Peso en orden de trabajo*	42 140 Kg.	92.820 lb
Capacidades del cucharón colmado, m ³ y yd ³	1,0-2,3 m ³	1,25-3,0 yd ³
Modelo de motor	3306	
RPM clasificadas del motor	2000	
Cantidad de cilindros	6	
Calibre	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ²
Caudal máx. de la bomba hidráulica del implemento a las RPM clasificadas	2 X 349 L/min	2 X 92 Gal/min.
Ajustes de la válvula de alivio:		
Circuitos del implemento	29 660 KPa	4300 lb/pul ²
Para levantamiento pesado	33 100 KPa	4800 lb/pul ²
Circuitos de desplazamiento	33 100 KPa	4800 lb/pul ²
Circuitos del giro:		
Aceleración	26 900 KPa	3900 lb/pul ²
Deceleración	13 790 KPa	2000 lb/pul ²
Circuitos piloto	2310 KPa	335 lb/pul ²
Fuerza máx. en la barra de tiro	313 KN	70.310 lb
Velocidad máx. de desplazamiento a las RPM clasificadas	3,65 Km/h	2,27 mph
Ancho de la zapata estándar	760 mm	30"
Largo del tren de rodaje estándar	5,03 m	16'6"
Largo del tren de rodaje largo	6,6 m ²	10.290 pulg ²
Area de contacto con el suelo con tren de rodaje estándar	2,69 m	8'10"
Area de contacto con el suelo con tren de rodaje largo	-	-
Entrevía con tren de rodaje estándar	-	-
Entrevía con tren de rodaje largo	-	-
Capacidad del tanque de combustible	492 L	130 ga/EUA

* El peso en orden de trabajo incluye refrigerante, lubricantes, tanque lleno de combustible, pluma de una pieza, brazo largo, chucharón de bajo perfil, tren de rodaje largo operador (75 Kg), zapatas anchas.

CUADRO No. 6

Modelo	245B Serie II	
Potencia al volante	268 KW	360 HP
Peso en orden de trabajo*	65 150 Kg.	143.500 lb
Capacidades del cucharón colmado, m ³ y yd ³	1,9-3,3 m ³	2,5-4,25 yd ³
Modelo de motor	3406	
RPM clasificadas del motor	2100	
Cantidad de cilindros	6	
Calibre	137 mm	5,4"
Carrera	165 mm	6,5"
Cilindrada	14,6 L	893 pulg ²
Caudal máx. de la bomba hidráulica	2 X 439	2 X 116
del implemento a las RPM clasificadas	L/min	Gal/min.
Ajustes de la válvula de alivio:		
Circuitos del implemento	31 030 KPa	4500 lb/pul ²
Circuitos de levantamiento pesado	34 500 KPa	5000 lb/pul ²
Circuitos de desplazamiento	31 030 KPa	4500 lb/pul ²
Circuitos del giro:		
Aceleración	31 030 KPa	4500 lb/pul ²
Deceleración	21 380 KPa	3100 lb/pul ²
Circuitos piloto	2310 KPa	335 lb/pul ²
Fuerza máx. en la barra de tiro	430 KN	95.800 lb
Velocidad máx. de desplazamiento a las RPM clasificadas	3,17 Km/h	1,97 mph
Ancho de la zapata estándar	760 mm	30"
Largo del tren de rodaje estándar	5,613 m	18'5"
Largo del tren de rodaje largo	-	-
Area de contacto con el suelo con tren de rodaje estándar	7,4 m ²	11.415 pulg ²
Area de contacto con el suelo con tren de rodaje largo	-	-
Entravía	2,84 m	9'4"
Ensanchada	3,24 m	10'8"
Capacidad del tanque de combustible	682 L	180 ga/EUA

* El peso en orden de trabajo incluye refrigerante, lubricantes, tanque lleno de combustible, pluma de una pieza, brazo largo, cucharón de bajo perfil, tren de rodaje largo, operador (75Kg). Zapatas anchas de 914 mm (36").

2.1.3. PALA FRONTAL

En el cuadro No. 7 se presentan las especificaciones de las palas frontales.

Cabe señalar que los datos contenidos en dichos cuadros se utilizan en las decisiones relacionadas con la maquinaria, comparando las especificaciones de cada uno de los modelos disponibles frente a los requerimientos de la obra en que se vaya a emplear, a fin de poder determinar la que reúna las características que mejor se ajuste a tales requerimientos. (Ver Anexo 1. Palas frontales).

CUADRO No. 7

EXCADORAS - ESPECIFICACIONES
PALAS FRONTALES

MODELO

PALA FRONTAL 235C

PALA FRONTAL 245B Serie II

Potencia al volante	186 KW	250 HP	268 KW	360 HP
Peso en orden de trabajo				
Con cucharón de descarga por el frente	42 010 kg	92.530 Ib	66 280 kg	146.000 Ib
Con cucharón de descarga por el fondo	43 400 kg	95.600 Ib	68 460 kg	150.790 Ib
Capacidad del cucharón de descarga por el frente	2,3 m ³	3 yd ³	3,8 m ³	5 yd ³
de descarga por el fondo	1,8 m ³	2,38 yd ³	3,1 m ³	4 yd ³
Motor	3306		3406	
RPM Clasificadas	2000		2100	
Cantidad de cilindros	6		6	
Calibre	121 mm	4,75"	137 mm	5'4"
Carrera	152 mm	6"	165 mm	6'5"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	14'6 L	893 pulg ³
Entrega de la bomba hidráulica a RMP clasificadas	2 x 349 L/min	2 x 92 gal/min	2 x 439 L/min	2 x 116 gal/min
Presión clasificada	6890 kPa	1000 Ib/pulg ²	6890 kPa	1000 Ib/pulg ²
Ajuste de la válvula de alivio:				
Circuitos del implemento	24 800 kPa	3600 Ib/pulg ²	31 000 kPa	4500 Ib/pulg ²
Circuitos de desplazamiento	33 100 kPa	4800 Ib/pulg ²	31 000 kPa	4500 Ib/pulg ²
Circuitos del giro				
Aceleración	26 900 kPa	3600 Ib/pulg ²	31 030 kPa	4500 Ib/pulg ²
Deceleración	13 790 kPa	2000 Ib/pulg ²	31 380 kPa	3100 Ib/pulg ²
Circuitos piloto	2310 kPa	355 Ib/pulg ²	2310 kPa	335 Ib/pulg ²
Vel.máx.de desplaz.a RMP clasificadas	3,2 km/h	2,2 mph	3,17 km/h	1,97 mph
Ancho de la zapata estándar	457 mm	18"	610 mm	24"
Longitud del tren de rodaje	5,03 m	16'6"	5,613 m	18'5"
Area de contacto con el suelo con zapatas estándar	3,98 m ²	6175 pulg ²	5,90 m ²	9132 pulg ²
Entrevía	2,69 m	8'10"	3,25 m	10'8"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	492 L	130 gal/EUA	682 L	180 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 7....

ESPECIFICACIONES - EXCADORAS
PALAS FRONTALES

MODELO	PALA FRONTAL E450 (De Descarga por el Fondo)		PALA FRONTAL E650 (De Descarga por el Fondo)	
Potencia al volante	206 KW	276 HP	280 KW	375 HP
Peso en orden de trabajo	46 200 kg	101,900 lb	66 000 kg	142,200 lb
Capacidad del cucharón - colmado	2,6 m ³	3,4 yd ³	3,8 m ³	5 yd ³
Motor	Mitsubishi 6D22TC		Mitsubishi S6B-TA	
RPM Clasificadas	2000		2000	
Cantidad de cilindros	6		6	
Calibre	130 mm	5'1"	135 mm	5'3"
Carrera	140 mm	5'5"	150 mm	6"
Cilindrada	11,15 L	680 pulg ³	12,88 L	786 pulg ³
Caudal máx. de la bomba hidráulica del implemento a RPM clasificadas	2 x 350 L/min	2 x 92 gal/min	2 x 445 L/min	2 x 117 gal/min
Ajuste de la válvula de alivio:				
Circuitos del implemento	27 420 kPa	3980 lb/pulg ²	27 420 kPa	3980 lb/pulg ²
Circuitos de desplazamiento	27 420 kPa	3980 lb/pulg ²	27 420 kPa	3980 lb/pulg ²
Circuitos del giro	20 670 kPa	3000 lb/pulg ²	23 010 kPa	3340 lb/pulg ²
Circuitos piloto	3450 kPa	500 lb/pulg ²	2940 kPa	425 lb/pulg ²
Fuerza máx. en la barra de tiro	314 kN	70.400 lb	449 kN	100.940 lb
Velocidad máx. de desplazamiento a RPM clasificadas	4,5 km/h	2,8 mph	4,6 km/h	2,85 mph
Ancho de la zapata estándar	610 mm	24"	610 mm	24"
Longitud del tren de rodaje	5125 mm	16'10"	5420 mm	17,9"
Area de contacto con el suelo	5,4 m ²	8,364 pulg ²	5,7 m ²	8,835 pulg ²
Entrevía	2390 mm	7'10"	2720 mm	8'11"
Entrevía para el trabajo	2890 mm	9'6"	3250 mm	10'8"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	500 L	132 gal/EUA	625 L	165 gal/EUA

En el cuadro No. 8 se muestran los límites y dimensiones de embarque de cada uno de los modelos de Pala Frontal.

CONTINUA CUADRO No. 2....

LIMITES Y DIMENSIONES DE EMBARQUE - EXCAVADORAS -
 * E450 *E650 - PALAS FRONTALES

PALA FRONTAL E450
 (de descarga por el fondo)

PALA FRONTAL E650
 (de descarga por el fondo)

	2,6 m ³ (SAE)	3,4 yd ³	3,8 m ³ CECE, POSA	5,0 yd ³
Capacidad, colmado a ras	-	-	-	-
Ancho de corte	-	-	-	-
A Alcance máximo en pendiente	8370 mm	27'6"	9800 mm	32'2"
B Alcance mínimo en pendiente	4670 mm	15'4"	5400 mm	17'9"
C Altura máxima de descarga	7180 mm	23'7"	7390 mm	24'3"
D Altura máxima	9740 mm	32'0"	10,50 m	34'5"
E Abertura máx. de la garganta del cuch.	1290 mm	7'3"	1500 mm	4'11"
F Radio de giro trasero	3700 mm	12'2"	4260 mm	14'0"
G Despejo sobre el suelo - con contrapeso	1430 mm	4'8"	1320 mm	4'4"
G' Despejo sobre el suelo - del bastidor	600 mm	2'0"	670 mm	2'2"
H Altura de la cabina	3370 mm	11'1"	4230 mm	13'11"
H' Altura de cabina	3785 mm	12'5"	4630 mm	15'2"
J Ancho de la superestructura	3035 mm	10'0"	3175 mm	10'5"
K Ancho para el transporte	3035 mm	10'0"	3490 mm	11'5"
L Longitud para el transporte	11,94 m	39'2"	13,56 m	44,6"
M Altura para el transporte	4140 mm	13'7"	4880 mm	16'0"
N Longitud del tren de rodaje	5125 mm	16'10"	5420 mm	17,9"

- Selección de zapatas.

Un aspecto que es importante considerar en relación a las palas frontales es la selección de zapatas a fin de obtener la mayor eficiencia y productividad de la maquinaria.

En suelos de condiciones muy desfavorables, las zapatas angostas imponen menores esfuerzos en los otros componentes del tren de rodaje y generalmente aumentan la vida útil de las cadenas. Así, para trabajar en suelos rocosos es conveniente equipar las máquinas con las zapatas más angostas disponibles.

Por otro lado, las zapatas anchas mejoran la flotación; ~~pero no se~~ deben usar zapatas más anchas de lo que se indica en el cuadro No. 9, porque a pesar de que el ancho de zapata no influye demasiado en la estabilidad de la máquina, el utilizar zapatas fuera de los estándares establecidos puede reducir el rendimiento del equipo pues requiere de un mayor esfuerzo.

CUADRO No. 9

SELECCION DE SAPATAS - EXCARADORAS -
 PRESION SOBRE EL SUELO - PALAS FRONTALES
 FUERZAS DE ATAQUE Y PLEGADO

ANCHO DE SAPATAS Y PRESIONES SOBRE EL SUELO

Modelo	Zapata estándar	PRESION SOBRE EL SUELO			
		Con cuch. de descarga por el frente		Con cuch. de descarga por el fondo	
		kPa	lb/pulg ²	kPa	lb/pulg ²
Pala Frontal 235C	De dos garras 457 mm (18")	193,3	15,0	106,8	15'5"
	De dos garras 610 mm (24")	78,9	11,4	81,5	11'8"
Pala Frontal 245B Serie II	De una garra 610 mm (24")	110,6	16,0	112,3	16,3
	De dos garras 610 mm (24")	110,6	16,0	112,4	16,3
	De dos garras 760 mm (30")	89,2	12,9	92,1	13,4
Pala Frontal E450	610 mm (24")	-	-	82,32	11,94
Pala Frontal E650	610 mm (24")	-	-	113,8	16,5

- Fuerzas de Ataque y Plegado.

Otro aspecto de gran importancia que se debe tomar en consideración son las fuerzas de ataque y plegado.

Las fuerzas de excavación clasificadas son las que se pueden aplicar en el límite exterior del corte; éstas se determinan conociendo el nivel máximo a que se limitan las presiones del cilindro o cilindros hidráulicos que suministran las fuerzas de excavación; no se incluyen en los cálculos el peso de los componentes y la fricción.

El cuadro No. 10 muestran este tipo de fuerzas correspondientes a cada modelo de Pala Frontal.

CUADRO No. 10

EXCAVADORAS - SELECCION DE ZAPATAS
 PALAS FRONTALES - PRESION SOBRE EL SUELO
 FUERZAS DE ATAQUE Y PLEGADO

FUERZAS DE ATAQUE Y PLEGADO

Modelo	Capacidad del cucharón		A - Fuerza del Brazo		B - Fuerza Tangencial del cucharón	
	m ³	yd ³	kN	Ib	kN	Ib
Pala Frontal 235C						
De desc. por el frente	2,3	3	289	67.200	265	59.500
De desc. por el fondo	1,8	2,38	304	68.400	388	64.800
Pala Frontal 245B Serie II						
De desc. por el frente	3,8	5	367	82.400	411	92.400
De desc. por el fondo	3,1	4	398	89.105	575	129.206
Pala Frontal E450						
De desc. por el fondo	2,6	3,4	284	63.800	297	66.660
Pala Frontal E650						
De desc. por el fondo	3,8	5	402	90.200	421	94.600

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Selección de cucharones.

La selección de cucharones constituye otra importante decisión para tratar de optimizar la utilización de una pala frontal.

El cucharón de descarga por el frente, proporciona excelentes resultados con materiales de vaciado fácil y en puntos sin restricciones. El modelo 245B serie II es del tamaño preciso para cargar comisiones de obras en trabajos de alta producción, ya que típicamente, los camiones de 32 toneladas se pueden cargar en cuatro o cinco pasadas en menos de dos minutos.

Por otro lado, el cucharón de descarga por el fondo es más adaptable que el de descarga por enfrente, pero como es más pesado, representa una capacidad 20% menor. Tal diferencia se contrarresta en parte con un ciclo de trabajo de 2 a 3 segundos más rápido debido a que es más fácil situarlo encima del camión, por la acción más rápida de descarga y debido a que existen menos derrames. Así, la ventaja en producción del cucharón de descarga por el frente puede ser aproximadamente entre el 5 y el 10%

El cucharón de descarga por el fondo tiene una fuerza de desprendimiento un poco mayor que el de descarga por el frente pues su radio hasta la punta es más corto. Además tiene un 17% de mayor alcance y 35% más de espacio libre

para descarga, con lo que simplifica la ubicación de los camiones de acarreo.

En general, las características del cucharón de descarga por el frente son:

- . 25% más capacidad.
- . Diseño simple de bajo mantenimiento.
- . Costo inicial bajo.

En tanto que el de descarga por el fondo presenta las características siguientes:

- . Ciclos de tiempo del 10 al 15% más rápidos.
- . Mayor alcance y altura de descarga.
- . Mas versátil en su aplicación.

En el cuadro siguiente se presenta la capacidad de cada uno de los modelos de Pala Frontal de acuerdo al tipo de cucharón implementado.

CUADRO No. 11

EXCAVADORAS - SELECCION DE CUCHARONES
PALAS FRONTALES

SELECCION DE CUCHARONES

Modelo	Capacidad Colmado		Capacidad a ras		Peso		Ancho	
	m ³	yd ³	m ³	yd ³	kg	Ib		
Pala Frontal 235C								
Cuch. de desc. frontal	2,3	3	1,9	2,5	2381	5250	1,88	6'2"
Cuch. de desc.por el fondo	1,8	2,38	1,5	1,94	3492	7700	1,88	6'2"
Pala Frontal 245B Serie II								
Cuch. de desc. frontal	3,8	5	3,34	4,4	4182	9220	2,35	7'8,5"
Cuch. de desc.por el fondo	3,1	4	2,7	3,5	5624	12.400	2,35	7'8,5"
Pala Frontal E450								
Cuch. de desc.por el fondo	2,6	3,4	-	-	-	-	1,98	6'6"
Pala Frontal E650								
Cuch. de desc.por el fondo	3,8	5	-	-	-	-	2,19	7'2"

- Tiempo de ciclo de pala frontal.

Un último aspecto a considerar en relación a la pala frontal, es su ciclo de carga, el cual se compone de cuatro partes: carga del cucharón, giro con carga, descarga del cucharón, y giro sin carga.

El tiempo total del ciclo de la pala depende del tamaño de la máquina y de las condiciones de la obra; a medida que las condiciones se tornan más difíciles, el rendimiento de la pala es menor.

En el cuadro No. 12 se muestran los tiempos típicos de ciclo de acuerdo a la experiencia con palas frontales en condiciones favorables y con un operador de habilidad normal.

Estos ciclos se reducen al mejorar las condiciones del trabajo o la habilidad del operador, y aumentan si las condiciones se tornan desfavorables.

CUADRO No. 12

**EXCAVADORAS - CALCULOS DEL TIEMPO DE CICLO
PALAS FRONTALES - * TABLAS DEL TIEMPO DE CICLO**

MODELO	Pala Frontal 235C		Pala Frontal 245B Serie II	
	Desc.por el Frente	Desc.por el fondo	Desc.por el Frente	Desc.por el fondo
Tamaño del cucharón	2,3 m ³ 3 yd ³	1,8 m ³ 2,38 yd ³	3,8 m ³ 5 yd ³	3,1 m ³ 4 yd ³
Tipo de suelo	Roca de voladura	Roca de voladura	Roca de voladura	Roca de voladura
Angulo de giro	90 o.	90 o.	90 o.	90 o.
Area de carga	Sin obstáculos	Sin obstáculos	Sin obstáculos	Sin obstáculos
Habilidad del operador	Normal	Normal	Normal	Normal
Carga del cucharón	0.15 Min.	0.15 Min.	0.15 Min.	0.13 Min.
Giro con carga	0.07 Min.	0.07 Min.	0.07 Min.	0.07 Min.
Descarga del cucharón	0.06 Min.	0.06 Min.	0.06 Min.	0.04 Min.
Giro sin carga	0.07 Min.	0.07 Min.	0.07 Min.	0.07 Min.
Tiempo total del ciclo	0.35 Min.	0.31 Min.	0.35 Min.	0.31 Min.

2.1.4. CARGADORES FRONTALES

1) Cargadores sobre Neumáticos.

Este tipo de cargadores presenta las siguientes características generales.

- Motor diesel Cat de servicio pesado de gran cilindrada, y sistema de combustible que no requiere ajustes.
- Servotransmisión planetaria con una sola palanca de control rápido y fácil de todas las velocidades.
- Cuentan con dirección de bastidor articulado para giros de radio corto, y de larga distancia entre ejes para estabilidad en la carga; además, debido a que el punto de giro está a la mitad de la distancia entre ejes, las ruedas traseras siguen el curso de las delanteras.
- Tienen dos pedales para frenar, el izquierdo neutraliza la transmisión y conecta los frenos, en tanto que el derecho solo frena. Los frenos de emergencia son automáticos excepto el 910E, el cual tiene un interruptor neutralizador de la transmisión que convierte el pedal izquierdo del freno en un control preciso de velocidad ultralenta.
- Contiene controles automáticos del cucharón; el de

ascenso queda retenido y se suelta automáticamente a la altura de descarga prefijada; asimismo, el control de giro nivela el cucharón al descender a tierra.

- Cuenta con un mecanismo de carga sellado en el cucharón que aumenta los intervalos de lubricación, y reduce el tiempo invertido en conservación.
- Los cargadores 980C, 988B y 992C contienen frenos de discos sellados en aceite en sus cuatro ruedas, que están completamente sellados, no requieren ajustes, y resisten el desvanecimiento.
- Los modelos 950F y 966F tienen eje de cuatro piezas, mandos finales de montaje interno así como frenos de discos herméticos y libres de ajustes que le dan mayor duración.
- El 988B y el 992C tienen convertidor de par de capacidad variable con lo que el operador puede distribuir la potencia entre el sistema hidráulico y el tren de propulsión. (Ver Anexo 1. Cargadores frontales).

En el cuadro siguiente se muestran las especificaciones de los cargadores de ruedas.

CUADRO No. 13

CARGADORES DE RUEDAS - ESPECIFICACIONES

MODELO

910E

916

Potencia en el volante	56 KW	78 HP	63 KW	85 HP
Modelo del motor	3114		3204	
RMP clasificadas del motor	2400		2400	
Calibre	105 mm	4,13"	114 mm	4,5"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"
Cantidad de cilindros	4		4	
Cilindrada	4,4 L	268 pulg ³	5,2 L	318 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	6,6	4,1	6,7	4,2
2a.	12,4	7,7	13,0	8,1
3a.	22,4	13,9	24,8	15,4
4a.	34,0	21,1	-	-
Velocidades de retroceso,				
1a.	6,6	4,1	6,8	4,2
2a.	12,4	7,7	13,2	8,3
3a.	22,4	13,9	25,0	15,5
4a.	-	-	-	-
Tiempo del ciclo hydr. con el régimen de carga de cucharón:				
Levantamiento	Segundos		Segundos	
Descarga	5,3		6,3	
Descenso libre (vacío)	1,3		1,3	
Total	3,2		3,1	
	9,8		10,7	
Entrevía	1,73 m	5,8"	1,85 m	6'1"
Ancho con neumáticos	2,15 m	7'0,7"	2,32 m	7'7,7"
Despejo sobre el suelo	343,4 mm	13,5"	322 mm	12,7"
Capac. del tanque de combustible	97 L	25,6 Gal/EUA	123 L	32,5 Gal/EUA
Capac. del sistema hidráulico	70 L	18,5 Gal/EUA	71 L	18,8 Gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 13....

CARGADORES DE RUEDAS - ESPECIFICACIONES

MODELO

926E

930T

Potencia en el volante	82 KW	110 HP	78 KW	105 HP
Modelo del motor	3204		3304T	
RMP clasificadas del motor	2400		2200	
Calibre	114 mm	4,5"	121 mm	4,75"
Carrera	127 mm	5"	152 mm	6"
Cantidad de cilindros	4		4	
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³	7,0 L	425 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	6,6	4,1	5,4	3,4
2a.	12,1	7,5	10,2	6,3
3a.	21,3	13,3	18,3	11,4
4a.	34,2	21,2	30,5	19,0
Velocidades de retroceso,				
1a.	7,1	4,4	5,8	3,6
2a.	13,1	8,1	11,0	6,8
3a.	23,0	14,3	19,7	12,2
4a.	36,8	22,9	32,9	20,4
Tiempo del ciclo hidr. con el régimen de carga de cucharón:	Segundos		Segundos	
Levantamiento	6,0		6,6	
Descarga	1,7		1,4	
Descenso libre (vacío)	3,6		3,6	
Total	11,3		11,6	
Entrevía	1,85 m	6'0"	1,93 m	6'3"
Ancho con neumáticos	2,33 m	7'8"	2,39 m	7'8"
Despejo sobre el suelo	322 mm	12,7"	348 mm	12,7"
Capac. del tanque de combustible	150 L	39,6 Gal/EUA	148 L	39,1 Gal/EUA
Capac. del sistema hidráulico	92 L	24 Gal/EUA	74 L	19,6 Gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 13....

CARGADORES DE RUEDAS - ESPECIFICACIONES

MODELO

936E

950F

	101 KW	135 HP	127 KW	170 HP
Potencia en el volante				
Modelo del motor	3304		3116	
RMP clasificadas del motor	2200		2200	
Calibre	121 mm	4,75"	105 mm	4,13"
Carrera	152 mm	6"	127 mm	6"
Cantidad de cilindros	4		6	
Cilindrada	7,0 L	425 pulg ³	6,6 L	403 pulg ³
velocidades de avance,		mph	km/h	mph
1a.	7,9	4,9	7,4	4,6
2a.	15,0	9,3	13,4	8,3
3a.	25,3	15,7	23,3	14,4
4a.	41,8	30,0	39,3	24,4
Velocidades de retroceso,				
1a.	9,0	5,6	8,1	5,0
2a.	15,9	9,9	14,6	9,0
3a.	27,9	17,3	25,5	15,8
4a.	46,0	28,6	43,0	26,7
Tiempo del ciclo hydr. con el régimen de carga de cucharón:				
Levantamiento		Segundos		Segundos
Descarga		6,5		6,6
Descenso libre (vacío)		1,8		2,2
Total		3,2		3,0
		11,5		11,8
Entrevía	1,98 m	6,6"	2,09 m	6'10"
Ancho con neumáticos	2,57 m	8'5"	2,76 m	9'0"
Despejo sobre el suelo	379 mm	14,9"	400 mm	15,7"
Capac. del tanque de combustible	200 L	52,8 Gal/EUA	222 L	58,7 Gal/EUA
Capac. del sistema hidráulico	146 L	38,5 Gal/EUA	153 L	40,4 Gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 13....

CARGADORES DE RUEDAS - ESPECIFICACIONES

MODELO

966C

966F

Potencia en el volante	127 KW	170 HP	164 KW	220 HP
Modelo del motor		3306		3306
RMP clasificadas del motor		2200		2200
Calibre	121 mm	4,75"	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"	152 mm	6"
Cantidad de cilindros		6		6
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	7,0	4,3	7,1	4,4
2a.	12,4	7,7	12,5	7,8
3a.	21,4	13,3	21,8	13,6
4a.	34,9	21,7	37,6	23,4
Velocidades de retroceso,				
1a.	7,9	4,9	8,1	5,0
2a.	13,9	8,6	14,3	8,9
3a.	23,9	14,9	24,8	15,4
4a.	38,9	24,2	42,6	26,4
Tiempo del ciclo hydr. con el régimen de carga de cucharón:	Segundos		Segundos	
Levantamiento	6,2		7,1	
Descarga	1,6		2,0	
Descenso libre (vacío)	3,8		2,4	
Total	11,6		11,5	
Entreavía	2,16 m	7'1"	2,20	7'3"
Ancho con neumáticos	2,77 m	9'1"	2,94 m	9'8"
Despejo sobre el suelo	400 mm	15,7"	476 mm	18,7"
Capac. del tanque de combustible	2,46 L	65 Gal/EUA	304 L	79 Gal/EUA
Capac. del sistema hidráulico	197 L	52 Gal/EUA	205 L	53 Gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 13....

CARGADORES DE RUEDAS - ESPECIFICACIONES

MODELO	980F		988B	
Potencia en el volante	205 KW	275 HP	280 KW	375 HP
Modelo del motor		3406		3408
RMP clasificadas del motor		2100		2200
Calibre	137 mm	5,4"	137 mm	5,4"
Carrera	165 mm	6,5"	152 mm	6"
Cantidad de cilindros		6		8
Cilindrada	14,6 L	893 pulg ³	18 L	1099 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	6,5	4,0	6,4	4,0
2a.	11,4	7,1	11,5	7,1
3a.	20,0	12,4	20,4	12,7
4a.	34,6	21,5	36,2	22,5
Velocidades de retroceso,				
1a.	7,4	4,6	7,4	4,6
2a.	13,0	8,1	13,2	8,2
3a.	22,8	14,2	23,3	14,5
4a.	39,6	24,6	41,4	25,7
Tiempo del ciclo hydr. con el régimen de carga de cucharón:		Segundos		Segundos
Levantamiento		7,3		9,4
Descarga		2,0		3,0
Descenso libre (vacío)		3,4		4,5
Total		12,7		18,9
Entreavía	2,36 m	7'9"	2,59 m	8'6"
Ancho con neumáticos	3,15 m	10,4"	3,52 m	11,7"
Despejo sobre el suelo	469 mm	18,5"	457 mm	18"
Capac. del tanque de combustible	475 L	125 Gal/EUA	620 L	164 Gal/EUA
Capac. del sistema hidráulico	208 L	55 Gal/EUA	235 L	62 Gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 13....

CARGADORES DE RUEDAS - ESPECIFICACIONES

MODELO	992C		994	
Potencia en el volante	515 KW	690 HP	932 KW	1250 HP
Modelo del motor	3412		3516	
RMP clasificadas del motor	2200		1600	
Calibre	137 mm	5,4"	170 mm	6,69"
Carrera	152 mm	6"	190 mm	7,48"
Cantidad de cilindros	12		16	
Cilindrada	27 L	1649 pulg ³	69 L	4211 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	6,9	4,3	6,9	4,3
2a.	12,2	7,6	12,1	7,5
3a.	20,9	13,0	20,9	13,0
4a.	-	-	-	-
Velocidades de retroceso,				
1a.	7,5	4,7	7,5	4,7
2a.	13,0	8,3	13,3	8,2
3a.	22,9	14,2	22,7	14,1
4a.	-	-	-	-
Tiempo del ciclo hydr. con el régimen de carga de cuerdón:	Segundos		Segundos	
Levantamiento	11,4		12,5	
Descarga	3,4		3,0	
Descenso libre (vacío)	3,7		4,0	
Total	18,5		19,5	
Entreavía	3,30 m	10'10"	3,91 m	12'10"
Ancho con neumáticos	4,50 m	14'9"	5,21 m	17'1"
Despejo sobre el suelo	544 mm	21,4"	662 mm	26,1"
Capac. del tanque de combustible	1136 L	300 Gal/EUA	3030 L	800 Gal/EUA
Capac. del sistema hidráulico	541 L	143 Gal/EUA	492 L	130 Gal/EUA

Para hacer una adecuada selección de una máquina de este tipo se puede seguir el siguiente procedimiento.

a) Determinar la producción requerida o deseada. Se debe determinar con cuidado la producción requerida a fin de elegir la máquina y cucharón adecuado. La producción requerida de un cargador de ruedas debe ser ligeramente mayor a la capacidad de producción de las otras máquinas básicas que se utilicen en la obra.

b) Determinar el ciclo del cargador, y el número de ciclos por hora. Cuando se acarrea material granular suelto en un suelo duro y parejo, se considera razonable un tiempo básico de 0.45-0.55 min. por ciclo en los cargadores articulares. Cat con un operador competente.

Puesto que el tipo de material, la altura de la pila y otros factores pueden elevar o reducir la producción, se deben sumar o restar del tiempo de ciclo básico.

c) Determinar la carga útil requerida por ciclo en m³ sueltos y Kg. Para determinar la carga útil que se requiere por ciclo, se divide la producción requerida en una hora por el número de ciclos por hora.

d) Determinar el tamaño requerido del cucharón. Una vez calculada la carga útil requerida por ciclo, se divide el

peso de un m^3 de material suelto, con el propósito de encontrar el número de m^3 de material suelto por ciclo.

Debido a que la densidad de casi todo el material que va a moverse no alcanza $1800\text{Kg}/m^3$, la exactitud en la estimación de producción requiere un buen conocimiento de las densidades.

El tamaño requerido se encuentra dividiendo el volumen requerido por ciclo entre el factor de llenado del cucharón.

c) El siguiente punto consiste en elegir la máquina considerando el tamaño y la carga útil del cucharón como requisitos de producción.

Considerando el procedimiento indicado para calcular... una producción y obtener materia para la presa, se tiene lo siguiente:

Por ejemplo, para un volumen aproximado de $250,000m^3$ de arena para agregados de concreto, cuyo origen es del banco de aluvión y que se requiere en la estructura de la presa, se considera razonable un tiempo de 50 seg. por ciclo. Si la producción requerida por hora es de $250,000m^3$ y el número de ciclos por hora es de 72, la carga útil requerida es de $3,472m^3$.

El tamaño requerido del cucharón es de $48.2m^3$, por lo que se debe utilizar una máquina con esta capacidad.

Cargadores de cadenas.

Los cargadores de cadenas, específicamente el 93IC serie II y 935C serie dos, presentan las siguientes características.

- Servotransmisión planetaria con tres velocidades de avance y tres de retroceso; además optativa de tres velocidades de avance y una de retroceso en el 93I C serie II. Asimismo, los embragues en aceite, de alta capacidad, permiten cambios rápidos de dirección y de marcha.

- Tienen dirección y frenos de pedal para facilitar la operación.

- Los embragues de dirección y freno enfriados en aceite extienden los intervalos de servicio.

Las características del 943 al 973 son las siguientes:

- Tienen motor montado en la parte posterior de la máquina lo que proporciona no sólo estabilidad natural como contrapeso dinámico, sino también una visibilidad excelente.

- El tren de impulsión hidrostática con su aceleración rápida y su capacidad de contrarrotación ayuda a aumentar la producción.

- Presentan mecanismo de carga de barra en "Z" lo que aumenta la fuerza de desprendimiento y la velocidad de descarga.

- La demanda del implemento tiene prioridad automática sobre la demanda de las cadenas con lo que se logra una potencia plena al implemento para obtener fuerza máxima de desprendimiento y ciclos de carga más rápidos.
- Cuentan con bastidores de rodillos oscilantes que disminuyen los impactos del terreno y mejoran la estabilidad de la máquina.
- Su cabina Rops insonarizada, presurizada, de montaje elástico ofrece un ambiente de trabajo excelente para el operador.

Además, las siguientes características son comunes a todos los modelos.

- Cuentan con cadena sellada y lubricada que reduce el desgaste y los costos de mantenimiento.
- Presentan mecanismos de carga sellado que extiende los intervalos de lubricación y reduce el mantenimiento.
- El control automático del cucharón levanta el cucharón a la altura de descarga predeterminada y lo regresa al ángulo de ciclos más rápidos.

En seguida se presentan las especificaciones de los cargadores de cadenas.

CUADRO No. 14

CARGADORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES

MODELO	931C Serie II		935C Serie II	
Potencia en el volante	52 KW	70 HP	60 KW	80 HP
Peso en el orden de trabajo	8047 kg	17.742 Ib	8759 kg	19.311 IB
Modelo del motor	3204		3204	
RMP clasificadas del motor	2400		2400	
Calibre	114 mm	4,5"	114 mm	4,5"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"
Cantidad de cilindros	4		4	
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³	5,2 L	218 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	3,0	1,8	3,0	1,8
2a.	5,7	3,5	5,7	3,5
3a.	10,5	6,5	10,5	6,5
De retroceso				
1a.	3,2	2,0	3,2	2,0
2a.	6,1	37,8	6,1	3,8
3a.	11,2	6,9	11,2	6,9
Ciclo hidráulico en segundos				
• elevación vacío				
Levantamiento	6,0		6,0	
Descarga	2,7		2,7	
Descenso (libre, cuch.vacio)	3,1		3,1	
Total	11,8		11,8	
Rodillos de cadena (cada lado)	5		5	
Ancho de la zapata estándar	356 mm	14"	355 mm	14"
Longitud de cadena en el suelo	1,90 m	6'2,8"	190 m	6'2,8"
Area de contacto con el suelo (con zapatas estándar)	1,35 m ²	2094 pulg ²	1,35 m ²	2094 pulg ²
Presión sobre el suelo	58,4kPa	8,5 Ib/pulg ²	63,6 kPa	9,2 Ib/pulg ²
Despejo sobre el suelo	308 mm	12,1"	308 mm	12,1"
Entrevisia	1,42 m	4'8"	1,42 m	4,8"
Ancho sin cucharón	1,79 m	5'10"	1,79 m	5'10"
Capacidad del tanque de combustible	116 L	30,6 gal/EUA	116 L	30,6 gal/EUA
Capacidad del sistema hidráulico	57 L	15 gal/EUA	57 L	15 gal/EUA

BPS

BPS

(Especificaciones diferentes a las anteriores)	931C Serie II		935C Serie II
Peso en orden de trabajo	8,168 kg	18.007 Ib	Ninguna
Ancho de zapata	635 mm	25"	BPS
Área de contacto con el suelo	2,41 m ²	3746 pulg ²	Modelo
Presión sobre el suelo	33 kPa	4,8 Ib/pulg ²	
Entrevía	1,65 m	5'5"	
Ancho sin cucharón	-	5'5"	

CONTINUA CUADRO No. 14....
CARGADORES DE CADENA - ESPECIFICACIONES

MODELO

943

Potencia en el volante	60 KW	80 HP
Peso en el orden de trabajo	11 690 kg	25.771 Ib
Modelo del motor	3204	
RMP clasificadas del motor	2400	
Calibre	114 mm	4,5"
Carrera	127 mm	5"
Cantidad de cilindros	4	
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph
1a.	0-9,5	0-5,9
2a.	Infinito	
3a.	Variable	
De retroceso		
1a.	0-9,5	0-5,9
2a.	Infinito	
3a.	Variable	
Ciclo hidráulico en segundos		
cucharón vacío:		
Levantamiento	7,2	
Descarga	1,6	
Descargo. (libre, cuch. vacío)	2,2	
Total	11,0	
Rodillos de cadena (cada lado)	6	
Ancho de la zapata estándar	360 mm	14,17"
Longitud de cadena en el suelo	2,149	7'0"
Area de contacto con el suelo		
(con zapatas estándar)	1,55 m ²	2398 pulg ²
Presión sobre el suelo	73,7kPa	10,7 Ib/pulg ²
Despejo sobre el suelo	336 mm	13,2"
Entrevía	1,70 m	5'7"
Ancho sin cucharón	2,06 m	6,9"
Capacidad del tanque		
de combustible	159 L	42 gal/EUA
Capacidad del sistema		
hidráulico	58 L	15,3 gal/EUA

Con zapatas de
Cadena Anchas

(Especificaciones diferentes a las anteriores)	943	
Peso en orden de trabajo	11 888 kg	26.207 Ib
Ancho de zapata	460 mm	18,11"
Area de contacto con el suelo	1,98 m ²	3064 pulg ²
Presión sobre el suelo	58,4kPa	8,5 Ib/pulg ²
Entrevía	1,70 m	5,7"
Ancho sin cucharón	2160 mm	7'1"

CONTINUA CUADRO No. 14....

CARGADORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES

MODELO	953		963	
Potencia en el volante	82 KW	110 HP	112 KW	150 HP
Peso en el orden de trabajo	14 098 kg	31.080 Ib	18 366 kg	40.490 Ib
Modelo del motor	3204		3304	
RMP clasificadas del motor	2400		2200	
Calibre	114 mm	4,5"	121 mm	4,75"
Carrera	127 mm	5"	152 mm	6"
Cantidad de cilindros	4		4	
Cilindrada	5,2 L	318 pulg ³	7,0 L	425 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph	km/h	mph
1a.	0-10,35	0-6,4	0-10,1	0-6,0
2a.	Infinito		Infinito	
3a.	Variable		Variable	
De retroceso				
1a.	0-10,35	0-6,4	0-10,1	0-6,0
2a.	Infinito		Infinito	
3a.	Variable		Variable	
Ciclo hidráulico en segundos cucharón vacío:				
Levantamiento	7,4		6,2	
Descarga	1,5		1,3	
Descenso (libre, cuch. vacío)	3,0		2,3	
Total	11,9		9,8	
Rodillos de cadena (cada lado)	6		6	
Ancho de la zapata estándar	380 mm	15"	450 mm	17,7"
Longitud de cadena en el suelo	2,295 m	7'6"	2,454 m	8'1"
Area de contacto con el suelo (con zapatas estándar)	1,74 m ²	2704 pulg ²	2,21 m ²	3423 pulg ²
Presión sobre el suelo	78,2kPa	11,3 Ib/pulg ²	80,9kPa	11,7 Ib/pulg ²
Despejo sobre el suelo	377 mm	14,8"	439 mm	17,0"
Entrevisia	1,80 m	5'11"	1,85 m	6'0,8"
Ancho sin cucharón	2,18 m	7'2"	2,30 m	7'6"
Capacidad del tanque de combustible	192 L	51 gal/EUA	261 L	69 gal/EUA
Capacidad del sistema hidráulico	58 L	15,3 GAL/EUA	60 L	16 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 14....

CARGADORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES

Con Zapatas de Cadena

(Especificaciones diferentes a las anteriores)	953		963	
	Peso en orden de trabajo	14 362 kg	31.661 Ib	18 639 kg
Ancho de zapata	500 mm	20"	550 mm	21,7"
Area de contacto con el suelo	2,30 m ²	3558 pulg ²	2,70 m ²	4184 pulg ²
Presión sobre el suelo	60,6kPa	8,8 Ib/pulg ²	62,2kPa	9,7 Ib/pulg ²
Entrevia	1,80 m	5'11"	1,85 m	6'0,8"
Ancho sin cucharón	2300 mm	7'6"	2400 mm	7'10"

CARGADORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES

MODELO

973

Potencia en el volante	157 KW	210 HP
Peso en el orden de trabajo	24 902 kg	54.899 lb
Modelo del motor	3306	
RMP clasificadas del motor	2200	
Calibre	121 mm	4,75"
Carrera	152 mm	6"
Cantidad de cilindros	6	
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³
Velocidades de avance,	km/h	mph
1a.	0-10,3	0-6,4
2a.	Infinito	
3a.	Variable	
De retroceso		
1a.	0-10,3	0-6,4
2a.	Infinito	
3a.	Variable	
Ciclo hidráulico en segundos cucharón vacío:		
Levantamiento	7,4	
Descarga	1,4	
Descenso (libre, cuch.vacio)	2,6	
Total	11,4	
Rodillos de cadena (cada lado)	7	
Ancho de la zapata estándar	500 mm	19,7"
Longitud de cadena en el suelo	2,917 m	9'7"
Area de contacto con el suelo (con zapatas estándar)	2,92 m ²	4522 pulg ²
Presión sobre el suelo	83,0kPa	12,0 Ib/pulg ²
Despejo sobre el suelo	456 mm	18,0"
Entreavía	2,08 m	6'10"
Ancho sin cucharón	2,58 m	8'6"
Capacidad del tanque de combustible	356 L	94 gal/EUA
Capacidad del sistema hidráulico	60 L	16 gal/EUA

CONTINUA CUADRO No. 14....

CARGADORES DE CADENAS - ESPECIFICACIONES

Con Espatas de Cadena

(Especificaciones diferentes de las anteriores)		973
Peso en orden de trabajo	25 534 kg	56.293 Ib
Ancho de zapata	675 mm	26,6"
Area de contacto con el suelo	3,94 m ²	6104 pulg ²
Presión sobre el suelo	63,0kPa	9,1 Ib/pulg ²
Entrevía	2,08 m	6'10"
Ancho sin cucharón	2755 mm	9'10"

2.2. MAQUINARIA DE ACARREO Y TRANSPORTE.

2.2.1. CAMIONES DE OBRA.

Las características principales de este tipo de camiones son las siguientes:

- Poseen motores diesel, de cuatro tiempos, turboalimentados, postenfriados, y de regulación automática variable, así como sistema de combustible que no requiere ajustes (inyección directa).
- Servotransmisión completamente automática de control electrónico de siete velocidades de avance y una de retroceso, además, un detector de velocidad hace cambios automáticamente entre la primera velocidad y la que elija el operador.
- Cuenta con frenos de discos enfriados en aceite que suministran frenado para retardación, servicio, estacionamiento y emergencia en un sistema sellado, resistente al debilitamiento, que no requiere mantenimiento.
- Tienen dirección totalmente hidráulica, con cilindros de suspensión delanteras que sirven de pivotes.
- Contienen cuatro cilindros independientes, en unidades

completas los cuales amortiguan los choques que se producen al cargar, así como los provenientes del camino; además, el amplio espaciamiento entre los cilindros proporciona estabilidad.

- Tienen caja con piso de doble declive y fondo de sección en V para un buen equilibrio y retención de la carga. Otra característica importante es que la altura para cargar y el centro de gravedad son bajos.

- En todos los modelos es estándar la cabina ROPS, que da protección en casos de vuelcos.

- Presentan sistemas hidráulicos separados lo que evita la intercontaminación del sistema.

- Además tienen enganche de tipo yugo que oscila en 4 direcciones y reduce los esfuerzos en el bastidor.

(Ver Anexo 1. Camiones de obra, fuera de carretera).

En el siguiente cuadro se muestran las especificaciones de los camiones de obras.

CUADRO No. 15

CAMIONES DE OBRAS - ESPECIFICACIONES

MODELO	769C		773B		777B	
Potencia en el volante	336 KW	450 hp	485 KW	650 hp	649 KW	870 hp
Potencia bruta	353 KW	474 hp	509 KW	682 hp	686 KW	920 hp
Peso de operación (vacío)	31 178 kg	68.750 Ib	39 396 kg	86.869 Ib	60 055 kg	132.422 Ib
Peso bruto de la máquina	67 586 kg	149.000 Ib	92 534 kg	204.000 Ib	146 966kg	324.522 Ib
Velocidad máxima (cargado)	75 km/h	47 mph	62 km/h	38 mph	60 km/h	37 mph
Distribución del peso (vacío)						
Delante	50%		47%		47%	
Detrás	50%		53%		53%	
Distrib. del peso (cargado)						
Delante	33%		33%		33%	
Detrás	67%		67%		67%	
Capac. máx. en ton.	36.31	40 T	52,0 t	58 T	96,2 t	95 T
m ³ y yd ³						
A ras (S.A.E)	17,5 m ³	22,9 yd ³	26,0 m ³	34,0 yd ³	36,4 m ³	47,6 yd ³
Colmada (2 a 1) (S.A.E)	23,6 m ³	30,9 yd ³	34,3 m ³	44,6 yd ³	51,3 m ³	67,1 yd ³
Modelo de motor	3408		3412		3508	
Núm. de cilindros	8		12		8	
Diámetro interior	137 mm	5,4"	137 mm	5,4"	170 mm	6,7"
Carrera	152 mm	6,0"	152 mm	6,0"	190 mm	7,5"
Cilindrada	18 L	1099 pulg ³	27 L	1649 pulg ³	34m5 L	2105 pulg ³
Neumát. estd. delant. y traseros dobles	18,00-33, 28 PR(E-3)		21,00-35, 32 PR(E-3)		24,00-49, 48 PR(E-3)	
Circulo de espacio libre para viaje	18,5 m	60"B	23,9 m	77'0"	25,8 m	84'6"
Capac. del tanque de combust.	530 L	140 gal/EUA	700 L	185 gal/EUA	946 L	250 gal/EUA
DIMENSIONES PRINCIPALES						
(Camión vacío):						
Alt. al borde del protector de rocas de la cabina	4,03 m	13'2,5"	4,39 m	14'2,3"	4,97 m	16'3,7"
Distancia entre ejes	3,71 m	12'2"	4,19 m	13'9"	4,57 m	15"
Longitud total	8,19 m	26'10"	9,27 m	30'5"	9,79 m	32'1"
Altura de la carga (vacío)	3,22 m	10'7"	3,71 m	12'2"	4,17 m	13'8"
Altura a pleno volteo	7,70 m	25'3"	8,70 m	28'6,7"	9,42 m	30'11"
Longitud de la caja	5,31 m	17'5"	6,43 m	21'1"	6,86 m	22'6"
Ancho (operación)	4,514 m	14'10"	4,70 m	15'5"	5,463 m	17'11"
Ancho para embarque	3,64 m	11'11"	3,79 m	12'5"	3,51 mt.	11'6"t
Entrevia neutral	3,10 m	10'2"	3,18 m	10'5"	4,16 m	13'8"

CONTINUA CUADRO No. 15...

CAMIONES DE OBRAS - ESPECIFICACIONES

MODELO	785		789		793	
Potencia en el volante	962 KW	1290 hp	1272 KW	1705 hp	1534 KW	2057 hp
Potencia bruta	1029 KW	1380 hp	1342 KW	1800 hp	1611 KW	2160 hp
Peso de operación (vacío)	96 353 kg	212.498 lb	121 922 kg	268.837 lb	143 564 kg	323.709 lb
Peso bruto de la máquina	249 433 kg	550.000 lb	317 460 kg	700.000 lb	376 488 kg	830.000 lb
Velocidad máxima (cargado)	56 km/h	35 mph	54 km/h	34 mph	54 km/h	mph
Distribución del peso (vacío)						
Delante	47%		47%		47%	
Detrás	53%		53%		53%	
Distrib. del peso (cargado)						
Delante	33%		33%		33%	
Detrás	67%		67%		67%	
Capac. máx. en ton.	136 t	150 T	177 t	195 T	218 t	240 T
m ³ y yd ³						
A ras (S.A.E)	57 m ³	74 yd ³	73 m ³	96,0 yd ³	96 m ³	126 yd ³
colmada (2 a 1) (S.A.E)	78 m ³	74 yd ³	105 m ³	137 yd ³	129 m ³	169 yd ³
Modelo de motor	3512		3516		3516	
Núm. de cilindros	12		16		16	
Diámetro interior	170 mm	6,7"	170 mm	6,7"	170 mm	6,7"
Carrera	190 mm	7,5"	190 mm	7,5"	190 mm	7,5"
Cilindrada	51,8 L	3158 pulg ³	69,0 L	4211 pulg ³	69,0 L	4211 pulg ³
Neumát. estd. delant. y traseros dobles	33,00-51		37,00R57		40,00-57	
Círculo de espacio libre para viaje	30,5 m	100'4"	30,2 m	99,2"	30,2 m	99,2"
Capac. del tanque de combust.	1893 L	500 gal/EUA	3222 L	851 gal/EUA	3861 L	1020 gal/EUA
DIMENSIONES PRINCIPALES						
(Camión vacío):						
Alt. al borde del protector de rocas de la cabina	5,77 m	18'11"	6,15 m	20'2"	4,43 m	21'1"
Distancia entre ejes	5,18 m	17'0"	5,70 m	18'8"	5,90 m	19'4"
Longitud total	11,02 m	36'2"	12,18 m	39'11"	12,86 m	42'3"
Altura de la carga (vacío)	4,98 m	16'4"	5,21 m	17'1"	5,86 m	19'3"
Altura a pleno volteo	11,20 m	36'9"	11,91 m	39'1"	13,21 m	43'4"
Longitud de la caja	7,65 m	25'1"	8,15 m	26'9"	8,94 m	29'4"
Ancho (operación)	6,64 m	21'9"	7,34 m	24'1"	7,41 m	24'4"
Ancho para embarque	3,84 m	12'6"	3,84 m	12'6"	3,84 m	12'6"
Entreavía neutral	4,85 m	15'11"	5,43 m	17'10"	5,67 m	18'5"

2.2.2. CAMIONES ARTICULADOS.

Otro tipo de maquinaria utilizada para el acarreo y el transporte son los camiones articulados, cuyas características esenciales son las siguientes:

- Motores diesel de cuatro tiempos, turbocargados y posenfriados, con sincronización variable automática; lumbrera paralelas del múltiple, sistema de combustible de inyección directa.
- Tienen dirección hidráulica articulada; los bastidores delantero y trasero son totalmente oscilantes y libres de cargas torsionales los cuales proporcionan excelente maniobrabilidad y capacidad de retroceso.
- Contienen caja ancha coneiforme para servicio pesado la cual facilita la carga y descarga.
- Baja altura de carga que permite una versátil adaptación a las cargadoras.
- Sus neumáticos son sencillos de alta capacidad y baja presión.
- Presentan una alta relación de peso a potencia con un excelente rendimiento en pendientes.

- Su cabina es ROPS/FOPS estándar, insonorizada y con vidrios de seguridad ahumados.

(Ver Anexo 1. Camiones de descarga de fondo).

El Cuadro No 16 muestra las especificaciones de este tipo de maquinaria.

CUADRO No. 16
CAMIONES ARTICULADOS - ESPECIFICACIONES

MODELO	D20D		D25D		D30D	
Potencia en el volante	134 KW	180 HP	194 KW	260 HP	213 KW	285 HP
Peso de operación (vacío)	15 000 kg	33.070 Ib	19 700 kg	43.428 Ib	21 900 kg	48.278 Ib
Velocidad máxima (cargado)	46 km/h	28,6 mph	48 km/h	30 mph	52 km/h	32 mph
Peso bruto de la máquina	33 000 kg	72.754 Ib	43 371 kg	93.428 Ib	49 106 kg	108.278 Ib
Distribución del peso (vacío):						
Delante	67%		70%		66%	
Detrás	33%		30%		34%	
Distrib. del peso (cargado)						
Delante	45%		48%		44%	
Detrás	55%		52%		56%	
Capac. (caja estdar)	18 t	20 T	22,7 t	25 T	27,2 t	30 T
A ras (SAE.)	8,7 m ³	11,3 yd ³	10 m ³	13 yd ³	12,5 m ³	16,5 yd ³
colmada (2 a 1) (S.A.E)	11,7 m ³	15,3 yd ³	14 m ³	18 yd ³	17,2 m ³	22,5 yd ³
Modelo de motor	3116		3306		3306	
Núm. de cilindros	6		6		6	
Diámetro interior	105 mm	4,13"	121 mm	4,75"	121 mm	4,75"
Carrera	127 mm	5,0"	152 mm	6"	152 mm	6"
Cilindrada	6,6 L	401 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Neumát. estd. delant. y trasero	23.5 x 25 Radiales		26.5 x 25 Radiales		29.5 x 25 Radiales	
Circulo de espacio libre para viaje	15,16 m	50,0"	16,14 m	52,11"	16,33 m	53,7"
Capac. del tanque de combust.	210 L	55 gal/EUA	550 L	120 gal/EUA	450 L	120 gal/EUA
DIMENSIONES PRINCIPALES						
(Camión vacío):						
Altura, cabina inclusive	3,28 m	10'9"	3,34 m	10'11,5"	3,40 m	11'1,5"
Distancia entre ejes	4,44 m	14'7"	4,91 m	16'1,5"	4,95 m	16'3"
Longitud total	8,43 m	27'8"	8,76 m	28'8,5"	8,88 m	29'1,5"
Altura de la carga (vacío)	3,66 m	12'0"	2,53 m	8'7,5"	2,85 m	9'4"
Altura a pleno volteo	5,00 m	16'5"	5,34 m	17'6,5"	5,46 m	17'11"
Longitud de la caja	4,47 m	14'8"	4,64 m	15'2,5"	4,69 m	15'4,5"
Ancho (operación)	2,74 m	9'0"	3,00 m	9'10"	3,30 m	10'10"
Entrevia de neumát. delant.	2,13 m	7'0"	2,32 m	7'7,5"	2,55 m	8'4"

CONTINUA CUADRO No. 16.....

CAMIONES ARTICULADOS - ESPECIFICACIONES

MODELO	D40D	D250D	D300D
Potencia en el volante	287 KW	160 KW	213 KW
Peso de operación (vacío)	28 027 kg	15 966 kg	19 776 kg
Velocidad máxima (cargado)	55 km/h	42,6 km/h	48,5 km/h
Peso bruto de la máquina	64 308 kg	38 737 kg	46 992 kg
Distribución del peso (vacía):			
Delante	62%	62%	56%
Intermedio	N/A	19%	22%
Detrás	38%	19%	22%
Distrib. del peso (cargado)			
Delante	39%	32%	30%
Intermedio	N/A	34%	35%
Detrás	61%	34%	35%
Capac. (caja estandar)	36,3 t	22,8 t	27,2 t
A ras (SAG.)	16,9 m ³	9,9 m ³	12 m ³
Colmada (2 a 1) (S.A.E)	22,4 m ³	13 m ³	16,5 m ³
Modelo de motor	3406	3116	3306
Núm. de cilindros	6	6	6
Dímetro interior.	137 mm	105 mm	120,7 mm
Cilindrada	165 mm	127 mm	152,4 mm
Neumát. estd. delant.	14,6 L	6,6 L	10,5 L
Intermedio y trasero	893 pulg ³	401 pulg ³	638 pulg ³
Círculo de espacio libre para viaje	D: 29,5 x 25 Radiales T: 33,25 x 29 Radiales	20,5 x 25 Radiales	23,5 x 25 Radiales
Capac. del tanque de combust.	15,8 m	15,22 m	15,54 m
DIMENSIONES PRINCIPALES	450 L	300 L	260 L
(Camión vacío):	120 gal/EUA	78,5 gal/EUA	78,5 gal/EUA
Altura, cabina inclusive	3,56 m	3,23 m	3,25 m
Distancia entre ejes	4,85 m	17'8"	5,69 m
Longitud total	9,76 m	32'0,5"	9,85 m
Altura de la carga (vacío)	3,2 m	10'6"	2,62 m
Altura a pleno volteo	5,49 m	18'0"	6,50 m
Longitud de la caja	5,22 m	17'1,5"	5,66 m
Ancho (operación)	3,48 m	11'5"	2,87 m
Entrevia de neumát. delant.	2,55 m	8'4"	2,26 m

CONTINUA CUADRO No. 16.

CAMIONES ARTICULADOS - ESPECIFICACIONES

MODELO	D350D (eje estándar)		D350D (eje ancho)		D400D
Potencia en el volante	213 KW	285 HP	213 KW	285 HP	287 KW
Peso de operación (vacío)	24 595 kg	54,221 lb	24 735 kg	54,540 lb	27 kg
Velocidad máxima (cargado)	48 km/h	30 mph	48 km/h	30 mph	55,5 km/h
Peso bruto de la máquina	56 336 kg	124,221 lb	56 481 kg	124,540 lb	64 308 kg
Distribución del peso (vacío):					
Delante	56%		56%		59%
Intermedio	22%		22%		20,5%
Detrás	22%		22%		20,5%
Distrib. del peso (cargado)					
Delante	34%		34%		34%
Intermedio	33%		33%		33%
Detrás	33%		33%		33%
Capac. (caja estándar)	31,8 t	35,0 T	31,8 t	35,0 T	36,3 t
A ras (S.R.E.)	16,0 m	20,9 yd ³	14,0 m ³	18,3 yd ³	17,3 m ³
Modelo de motor	20,5 m ³	26,8 yd ³	20,0 m ³	26,2 yd ³	23,5 m ³
Colmada (2 a 1) (S.A.E)	3306		3306		3406
Núm. de cilindros	6		6		6
Dímetro interior	121 mm	4,78"	121 mm	4,75"	137 mm
Carrera	152 mm	6,0"	152 mm	6,0"	165 mm
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	26,2 yd ³	14,6 L
Neumát. estd. delant.	26,5 x 25 Radiales		26,5 x 25 Radiales	29,5 x 25 Radiales (Op)	29,5 x 25 Radiales
Intermedio y trasero	16,06 m	52'9"	16,06 m	52'9"	16,52 m
Círculo de espacio libre para viaje	450 L	120 gal/EUA	450 L	120 gal/EUA	450 L
Capac. del tanque de combust.					54'3"
DIMENSIONES PRINCIPALES					120 gal/EUA
(Camión vacío):					
Altura, cabina inclusiva	3,33 m	10'11,5"	3,33 m	10'11,5"	3,56 m
Distancia entre ejes	5,89 m	19'3,5"	6,02 m	19'9"	6,05 m
Longitud total	9,95 m	32'7,5"	10,09 m	33'1"	10,62 m
Altura de la carga (vacío)	2,93 m	9'7"	2,77 m	9'1"	2,98 m
Altura a pleno volteo	6,52 m	21'4,5"	6,46 m	21'2,5"	6,73 m
Longitud de la caja	5,98 m	19'7,5"	6,11 m	20'0,5"	6,24 m
Ancho (operación)	3,00 m	9'10"	3,30 m	10'10"	3,30 m
Entrevía de neumát. delant.	2,32 m	7'7,5"	2,54 m	8'4"	2,55 m

2.3. MAQUINARIA DE TENDIDO (MOTONIVELADORAS).

Las características generales de las motoniveladoras que constituyen el principal tipo de maquinaria de tendido que se utiliza en la obra, son las siguientes:

- Poseen bastidor articulado, ruedas delanteras con radio de giro corto y diferencial delantero optativo, lo cual proporciona excelente maniobrabilidad.
- Su cabina de alto o de bajo perfil combina la excelente ubicación de los controles con la comodidad de operar la máquina desde el asiento y del sistema de verificación electrónica.
- Cuentan con controles hidráulicos que proporcionan una respuesta constante para posicionar la hoja a fin de lograr un excelente control.
- Su servotransmisión de mando directo, de una palanca, es diseñada específicamente para motoniveladoras; con lo que logra una mayor eficacia. Además cuenta con pedal de movimiento ultralento para trabajar en espacios reducidos.
- Posee frenos de disco en aceite en las cuatro ruedas, lo que hace posible paradas estables; son libres de

ajustes, herméticamente sellados, y controlados por un doble circuito de aire de manera que se logra una mayor protección adicional.

- Las motoniveladoras cuentan con un sistema hidráulico con detección de carga, lo cual permite mejorar la economía de combustible y satisfacer las demanda de carga.
- Su acumulador del embrague deslizante de impulsión del círculo y levantamiento de la hoja ayuda a amortiguar los altos impactos de carga horizontales y verticales, respectivamente.
- La potencia variable de la motoniveladora aparece el aumento de potencia al peso de la máquina para obtener velocidades óptimas de trabajo y aumentar la producción. (Ver Anexo 1. Motoconformadoras).

En el cuadro siguiente se presentan las especificaciones de las mononiveladoras.

CUADRO No. 17

MAQUINARIA DE TRINDIDO (MOTONIVELADORAS) - ESPECIFICACIONES

MODELO	120G		130G		12G	
Potencia en el volante	93 kW	125 HP	101 kW	135 HP	101 kW	135 HP
Peso básico en orden de trabajo *	11 480 Kg	25.310 lb	12 279 kg	27.070 lb	13 313 kg	29.350 lb
Peso en orden de trabajo con la máquina equiparada	13 189 kg	29.050 lb	13 708 kg	30.220 lb	15 173 kg	33.450 lb
Modelo de motor	3304		3304		3306	
RPM clasificadas del motor	2200		2200		2200	
Cantidad de cilindros	4		4		6	
Cilindrada	7,0 L	425 pulg ³	7,0 L	425 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Reserva de par máxima	30%		25%		31%	
Velocidad de avance/retroceso	6/6		6/6		6/6	
Velocidad máxima de avance	40,9 km/h	25,4 mph	39,4 km/h	24,5 mph	39,4 km/h	24,5 mph
Velocidad máxima de retroceso	40,9 km/h	25,4 mph	39,4 km/h	24,5 mph	49,5 km/h	24,5 mph
Radio de giro mínimo **	6,7 m	22'0"	7,3 m	24'0"	6,7 m	22'0"
Módulo vertical mínimo del bastidor delantero - cm ³ (pulg ³)	1442	88	1999	122	1999	122
Cantidad de zapatas en el círculo Neumáticos - delanteros y traseros	13,0-24 (8 PR) (8-2)		13,0-24 (8 PR) (8-2)		13,0-24 (10 PR) (g-2)	
DIMENSIONES:						
Altura (con techo ROPS)	3,10 m	10'2"	3,10 m	10'2"	3,10 m	10'2"
Altura (sin techo) ***	2,51 m	8'3"	2,69 m	8'10"	2,69 m	8'10"
Longitud total	7,92 m	26'0"	8,30 m	27'3"	8,30 m	27'3"
Distancia entre ejes	5,69 m	18'8"	5,92 m	19'5"	5,92 m	19'5"
Base de la hoja	2,49 m	8'2"	2,57 m	8'2"	2,57 m	8'5"
Ancho total - (cara superior de los neumáticos delanteros)	2,41 m	7'11"	2,40 m	7'11"	2,40 m	7'11"
Longitud de la hoja estándar	3,66 m	12'2"	3,66 m	12'0"	3,66 m	12'0"
Altura de la hoja estándar	610 mm	24"	610 mm	24"	610 mm	24"
Levantamiento sobre el suelo	451 mm	17'75"	476 mm	18,75"	476 mm	18,75"
Alcance máximo en las bermas:						
Con el bastidor recto	1,52 m	5'0"	1,55 m	5'1"	1,87 m	6'1,5"
En posición acodillada	2,46 m	8'1"	2,49 m	8'2"	281 m	9'2,5"
Capacidad del tanque de combustible	227 L	60 gal/EUA	284 L	75 gal/EUA	284 L	75 gal/EUA

MODELO

140G

140G AWD-

14G

Potencia en el volante	112 kW	150 HP	134 kW	180 HP	149 kW	200 HP
Peso básico en orden de trabajo*	13 529 Kg	29.800 lb	14 390 kg	31.730 lb	18 530 kg	40.850 lb
Peso en orden de trabajo con la máquina equiparada	15 628 kg	34,732 lb	15 752 kg	34.732 lb	20 490 kg	45.175 lb
Modelo de motor	3306		3306		3306	
RPM clasificadas del motor	2200		2200		2000	
Cantidad de cilindros	6		6		6	
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³	10,5 L	638 pulg ³
Reserva de par máxima	29%		29%		30%	
Velocidades de avance/retroceso	6/6		6/6		8/8	
Velocidad máxima de avance	41,0 km/h	25,5 mph	41,0 km/h	25,5 mph	43,0 km/h	28,8 mph
Velocidad máxima de retroceso	41,0 km/h	25,5 mph	41,0 km/h	25,5 mph	50,1 km/h	31,1 mph
Radio de giro mínimo **	7,3 m	24'0"	7,3 m	24'0"	7,9 m	26'0"
Módulo vertical mínimo del bastidor delantero - cm ³ (pulg ³)	1999	122	1999	122	8202	171
Cantidad de zapatas en círculo Neumáticos - delanteros y traseros	6		6		6	
	14,0-24 (10 PR) (G-2)		14,0-24 (10 PR) (G-2)		16,0-24 (12 PR) (G-2)	
DIMENSIONES:						
Altura (con techo ROPS)	3,12 m	10'3"	3,12 m	10'3"	3,34 m	11'0"
Altura (sin techo) ***	2,72 m	8'11"	2,72 m	8'11"	2,87 m	9'5"
Longitud total	8,33 m	27'4"	8,33 m	27'4"	9,22 m	30'3"
Distancia entre ejes	5,92 m	19'5"	5,92 m	19'5"	6,45 m	21'2"
Base de la hoja	2,57 m	8'5"	2,57 m	8'5"	2,87 m	9'5"
Ancho total - (cara superior los neumáticos delanteros)	2,44 m	8'0"	2,44 m	8'0"	2,84 m	9'4"
Longitud de la hoja estándar	3,66 m	12'0"	3,66 m	12'0"	4,27 m	14'0"
Altura de la hoja estándar	610 mm	24"	610 mm	24"	686 mm	27"
Levantamiento sobre el suelo	476 mm	18,75"	476 mm	18,75"	480 mm	18,9"
Alcance máximo de las bernas:						
Con el bastidor recto	1,96 m	6'5"	1,96 m	6'5"	2,08 m	6'10"
En posición acodillada	2,90 m	9'6"	2,90 m	9'6"	3,07 m	10'1"
Capacidad del tanque de combustible	284 L	75 gal/EUA	284 L	75 gal/EUA	378 L	100 gal/EUA

2.4. MAQUINARIA DE COMPACTACION.

Las características generales de los compactadores de suelos son las siguientes:

- Tienen una gran utilidad que incluye trabajos con la hoja empujadora, obras de relleno, y compactación.
- En general mantienen alta velocidad en el trabajo pues tienen un motor diésel de respuesta inmediata; servotransmisión planetaria de una sola palanca, y propulsión en todas las ruedas.

Presentan la dirección a base de bastidor articulado, de manera que las maniobras se ejecuten con rapidez y facilidad; asimismo, la gran distancia entre ejes mejora la estabilidad.

- Los tambores, provistos de pisones, presentan adecuada tracción, penetración y apisonamiento, con el propósito de obtener alta productividad.

Debido a que la disposición de los pisones es inversa en los tambores de atrás, se evita que coincidan con las huellas de los delanteros.

- Generalmente se consigue mayor efecto de compactación en una pasada de la máquina, dado que los tambores

delanteros y traseros siempre siguen el mismo curso.

- La oscilación del eje trasero mantiene todos los tambores en el suelo, lo que permite una mayor tracción y estabilidad.
- Las barras limpiadoras eliminan tanto en avance como en retroceso el material adherido a los tambores, además, son ajustables, reversibles y reemplazables.
- La hoja esparcidora en los rellenos es optativa, con una sola palanca se obtienen las posiciones de ascenso, descenso, retención o libre.

(Ver Anexo 1. Rodillo Vibrocompactador).

A continuación se indican las especificaciones de los compactadores.

CUADRO No. 18

COMPACTADORES DE SUELOS - ESPECIFICACIONES

118

MODELO	815B		855C	
Potencia en el volante	161 KW	216 HP	235 KW	315 HP
Peso de operación	20 035 kg	44,175 Ib	32 400 kg	71,429 Ib
Modelo del motor	3306	•	3406	•
RPM indicadas del motor	2200	•	2100	•
Núm. de cilindros	6	•	6	•
Cilindrada	10,5 L	638 pulg ³	14,6 L	893 pulg ³
Velocidades:				
Avance	4	•	4	•
Retroseso	4	•	4	•
Circulo de viraje con la hoja	12,3 mm	10'3"	14,2 m	46'6"
Capac. del tanque de combustible	462 L	122 gal/EUA	589 L	156 gal/EUA
TAMBORES DE PISONES:				
Ancho de cada tambor	978 mm	3'2,5"	1118 mm	3'8"
Diámetro-con los pisones	1,42 m	4'8"	1,68 m	5'6"
sin los pisones	1,03 m	3'4,5"	1,29 m	4'3"
Pisones por rueda	60	•	65	•
Pisones por hilera	12	•	13	•
Hileras de pisones	5	•	5	•
Longitud de cada pisón	198 mm	7'8"	191 mm	7'5"
Area de la proyección de un pisón	116 cm ²	18 pulg ²	192 cm ³	29,75 pulg ³
Ancho compacto en dos pasadas	4,35 m	14'3"	4,29 m	16'0"
DIMENSIONES GENERALES:				
Alt. incluso techo o cabina ROPS	3,53 m	11'7"	3,91 m	12'10"
Alt.sin las secciones de arriba	2,38 m	7'10"	2,96 m	9'8"
Distancia entre ejes	3,35 m	11'0"	3,53 m	11'7"
Longitud total con hoja empujada	6,80 m	22'4"	7,69 m	25'2"
Ancho incluyendo los tambores	3,24 m	10'8"	3,65 m	11'11"
Espacio libre sobre el suelo	203 mm	8"	234 mm	9'2"
HOJA EMPUJADORA RECTA:				
Ancho	3,76 m	12"	4,53 m	14'10"
Altura	860 mm	2'10"	1,04 m	3'5"

Es importante hacer aquí algunas consideraciones en relación a la maquinaria de compactación. En primer término cabe señalar que la compactación es la operación mecánica para elevar la densidad del suelo, es decir el peso por unidad de volumen, ya que la resistencia del suelo aumenta con la densidad.

Existen tres factores importantes que deben considerarse en el apisonamiento:

- Granulometría del material, que es la distribución (%) en relación con el peso) de las partículas de diverso tamaño en un suelo determinado.
- El contenido de agua, o grado de humedad del suelo, tienen gran importancia, pues como reduce la fricción de las partículas, facilita su deslizamiento, y se logra mayor densidad.
- Esfuerzo de compactación. Es el método que se utiliza con una máquina a fin de aplicar energía mecánica en el suelo a fin de apisonarlo. A continuación se indican los compactadores que se diseñan según una o varias formas de emplear el esfuerzo de compactación.
 - Peso estático (o presión)
 - Acción de amasamiento (o manipulación)

- Percusión (golpes fuertes)
- Vibración (sacudimiento)

Por otro lado, la maquinaria de compactación se clasifica generalmente en los tipos que se indican enseguida.

- 1) De patas de cabra
- 2) De rejilla o malla
- 3) Vibratorio
- 4) De tambores de acero
- 5) De neumáticos múltiples, liviano
- 6) De neumáticos múltiples, pesado
- 7) De pisones remolcador
- 8) De pisones de alta velocidad.

También existen combinaciones disponibles de estos tipos; por ejemplo, el de tambor vibratorio de acero liso.

A fin de hacer una comparación de estos tipos de acuerdo a la zona de aplicación en que resultan más adecuados, se han colocado en una gráfica que contiene una escala de mezclas de materiales, que va desde el 100% de arcilla hasta el 100% de arena, más una zona rocosa.

Así cada tipo queda ubicado en el lugar correspondiente a la zona de utilización donde es más ventajoso y económico; aunque en ocasiones suelen emplearse

en otras zonas.

Además es importante considerar que la posición exacta de las zonas varía según las condiciones existentes.

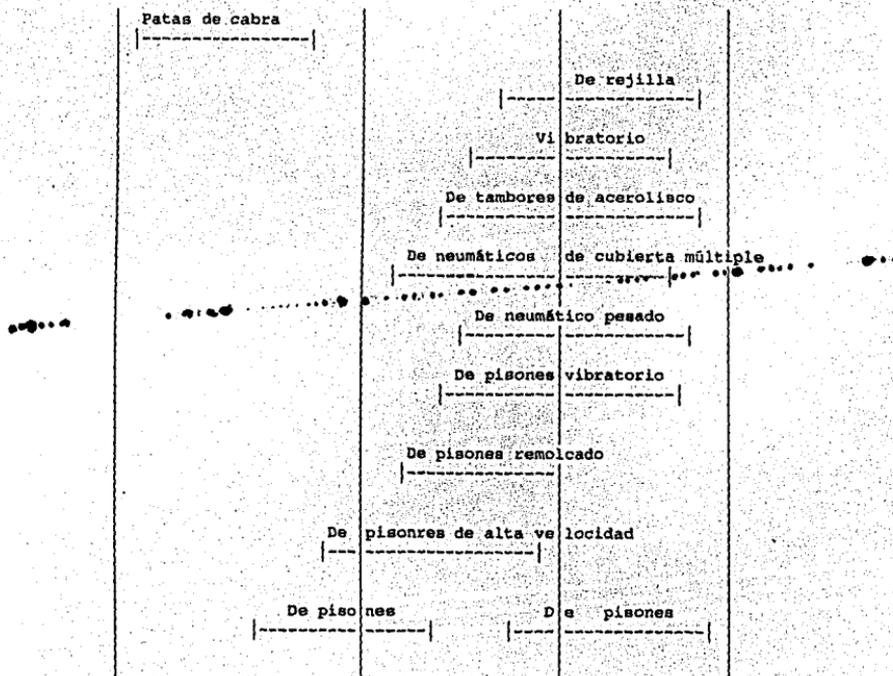
Así, se debe tomar en consideración la composición del suelo para la elección del tipo de compactador que se utilizará, a fin de obtener una mayor eficiencia y productividad.

Zona de aplicación del compactador.

100%
Arcilla

Limo

100% Roca
Arena



CAPITULO 3. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION Y SELECCION DE LA MAQUINARIA

Una vez que se ha descrito detalladamente la maquinaria que se emplea en la construcción de la cortina de una presa, destacando sus rendimientos y sus características de operación, en el presente capítulo se describen los procedimientos de construcción estableciendo la selección de la maquinaria para la realización de los trabajos dependiendo del tipo de terreno de que se trate, y de acuerdo con las propiedades de dicha maquinaria, a fin de que se seleccione la más adecuada y se obtengan óptimos resultados.

En el primer capítulo ya se han señalado de manera general, las etapas de construcción que conforman la estrategia constructiva de la presa, aquí se detallarán los procesos constructivos correspondientes; señalando previamente los factores que se consideran en la selección de la maquinaria y el equipo necesarios en los procedimientos de la construcción.

3.1. FACTORES DE SELECCION DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO.

Los factores más importantes al hacer la selección del equipo para realizar las operaciones en la construcción de la presa son productividad y eficiencia del equipo.

La productividad del equipo de construcción se refiere al rendimiento del equipo en un determinado período; esto es, la productividad del equipo indica el número de unidades de trabajo que produce, por ejemplo, en una hora.

Debido a que esto no es una cantidad fija para un equipo dado, sino que depende principalmente de las condiciones del trabajo y de la dirección del mismo, así como de la destreza del operador, de su persistencia, y de la coordinación con los demás factores de construcción, es fundamental tener tales condiciones al seleccionar la maquinaria y equipo que se utilizan en la construcción en el proyecto hidroeléctrico Aguamilpa.

A la mejor productividad que puede esperarse, regida generalmente por las limitaciones de diseño del equipo, se le denomina productividad óptima, la cual está basada en que el equipo trabaje los 60 minutos completos de cada hora.

La productividad del equipo es una base importante para su selección en una operación, por lo que se enfatiza

este punto al seleccionar el equipo correcto para realizar la operación total de la presa.

Otros factores importantes al hacer la selección del equipo para realizar una operación de construcción en la presa son el costo y facilidad de conservación. Esto es, se escoge el equipo que pueda hacer el trabajo al mínimo costo total, siendo iguales los demás factores.

Asimismo existen otros factores significativos que se consideran en la selección, entre los que destacan las siguientes:

1) Trabajo y operación específica a ejecutar.

Dentro del proyecto general existen etapas y operaciones particulares que presentan características y condiciones diferentes, por lo que estas constituyen el factor primario en la selección del equipo necesario para lograr el trabajo. Para ello se analizan los siguientes aspectos.

- El trabajo físico a efectuar, al realizar la operación.
- La disponibilidad de espacio de trabajo.
- Los requisitos y la disponibilidad de potencia.

2) Requisitos de la especificación.

Es necesario analizar las especificaciones de la maquinaria y equipo que se pueden utilizar (las cuales se presentan en el capítulo 2) a fin de elegir aquellos que mejor

respondan a las necesidades particulares.

Si no se presta atención a estas propiedades se puede seleccionar maquinaria que no produzca los resultados finales deseados.

3) Movimiento que requiere el equipo.

El aspecto de la movilidad del equipo para utilizar en los trabajos de construcción, se enfoca desde dos puntos de vista.

- El movimiento necesario del equipo de trabajo y de los materiales para una operación dada.
- El movimiento planeado de una operación a otra en una etapa del proyecto, o de una etapa a otra.

En cualquiera de las dos situaciones, la importancia de los movimientos del equipo depende del tiempo necesario para hacer cada movimiento, y de la frecuencia de tales movimientos.

4) Influencia de las condiciones atmosféricas en la operación y productividad del equipo.

Otro aspecto que se considera en la selección del equipo es la influencia o el efecto de las variaciones atmosféricas, tales como temperatura, humedad, viento y la presión del aire, ya que todas afectan el funcionamiento del equipo.

5) Tiempo programado para realizar el trabajo.

La selección del equipo depende directamente de diversas consideraciones de tiempo, tales como:

- El tiempo establecido en el programa de construcción.
- La sincronización necesaria y económica de las operaciones secuenciales.
- El efecto relativo del costo administrativo en la economía de la operación.

6) Balanceo del equipo interdependiente.

Muchas de las operaciones de construcción tienen dos o más tipos de equipo, trabajando simultáneamente, realizando cada uno su parte de trabajo.

Para que estos equipos trabajen juntos de manera efectiva y económica, sus regímenes de producción deben ser tan compatibles como sea posible. Por lo que es necesario tomar medidas en la planeación y selección de los equipos interdependientes para asegurar su compatibilidad.

3.2. CONSTRUCCION DEL PLINTO.

1) Excavación.

Para la excavación del material superficial se seleccionaron tractores CAT D8N, cargadores 988B y camiones para transporte 773B.

Se seleccionaron tractores D8N debido a que de acuerdo con las características de los materiales, esto es arena fina limosa y enrocamiento, este tipo de maquinaria presta la potencia y capacidad necesaria para el manejo de tales materiales. Los cargadores 988B son adecuados ya que tienen una potencia plena para obtener fuerza máxima de desprendimiento, y ciclos de carga más rápidos; asimismo disminuye el impacto del terreno y tiene una gran estabilidad de manejo. Los camiones para transporte 773B fueron seleccionados pues presenta las dimensiones adecuadas para el transporte de los volúmenes de materiales manejados.

Una vez efectuada la limpieza de la roca, fueron marcados topográficamente los alineamientos superficiales del corte (ceros) y por medio de perforadoras sobre orugas Ingersoll Rand CM-350, se efectuó el precorte, con perforaciones cada 0.70 m y tractores de carga entre 0.3 y 0.4 kg/m³, la excavación alcanzó cortes de profundidad y un volumen de 400 m³/m. aproximadamente.

Para evitar sobre-excavación se suspendió la perforación 0.20 m, antes de la cota final del piso final, excavando ésta última por medio de perforadoras de piso tipo Gardner Denver S58. El material fue empujado por tractores D8N y cargado con equipo 988B en camiones de obra

773B, que como ya se señaló este equipo resultó el mejor de acuerdo a las características de operación y especificaciones ya señaladas.

En el lecho del río, fue necesario limpiar hasta roca, el material de aluvión existente en una longitud de aproximadamente 90m a partir del plinto. Esta limpieza y excavación se efectuó con equipo similar al mencionado apoyándose en un sistema de bombeo, que en períodos lluviosos llegó a tener una capacidad de 1,500 Its/seg. constituido por bombas Flygt 2201 y 2205 y de pozo profundo.

2) Concreto.

Las operaciones de concreto fueron iniciadas una vez que la excavación del Plinto alcanzó la cota 100 en ambos márgenes. En el lecho del río fue adoptada una solución de drenaje, utilizando tuberías de 12", las cuales captaron la mayor parte del volumen de filtración de la fundación, conduciendo por debajo del plinto a un sitio de bombeo.

Las cimbras para construcción del plinto fueron elaboradas de madera, abiertas en su parte superior alojando sellos de cobre y P.V.C. Una protección especial para estos sellos fue diseñada como la geometría adecuada para colocar posteriormente la arena asfáltica sobre el material.

La colocación del acero de refuerzo fue realizada a razón de 5 ton/día, utilizando un índice de 20 hrs-h/ton. El concreto fue bombeado con un equipo schwing BPA 2,000 con una capacidad de 80m³/hr. La cantidad de cemento fue de 290 kg/m³, utilizando escamas de hielo para controlar la temperatura inicial de colocación (18°C) debido a que la temperatura ambiente durante los meses de verano registra valores alrededor de 40°C. La resistencia específica es de 200 kg/cm², para 28 días. Las producciones iniciales fueron de 30 m, cada semana lo que corresponde a 360 m³/semanales.

3.3. PRODUCCION Y COLOCACION DE MATERIALES DE LA PRESA.

La ejecución de los rellenos se basa en una estrategia constructiva que está muy relacionada con las etapas de ejecución de la presa.

1) Grava-Arena.

La grava-arena procedente de los bancos fue extraída, de manera directa, por medio de cargadores 988B con una capacidad de 25 tn., para ser transportadas al sitio de la presa.

El material debajo del nivel freático, ha sido extraído utilizando retroexcavadoras modelo 245B Serie II,

cargando igualmente 25 toneladas. Este material se almacena en áreas próximas al banco, permitiendo su drenaje posteriormente; el material es cargado con los cargadores 988B y transportado a la presa, adicionalmente, esta operación ha sido complementada por extracción y equipo de transporte de equipo menor, colocando el material directamente en la presa.

Se ha producido una extracción del orden de 20,000m³/día, de los cuales 15,000 m³, se colocan directamente y el resto se envía a acopios para almacenamiento, que sirve como fuente de material en los procesos posteriores, cuando los niveles del río ascienden considerablemente imposibilitando la extracción directa.

Los equipos requeridos en este proceso, son los siguientes:

- 4 Retroexcavadoras modelo 245B Serie II.
- 4 Cargadores 988B.
- 10 Camiones de obra 773B.
- 2 Cargadores 980F.
- 50 Camiones articulados D30 D.
- 40 Camiones de 10 toneladas.
- 1 Tractor empujador D8N

Se seleccionaron retroexcavadoras 245B Serie II, pues

por su diseño de pluma excavadora es muy adecuada en el manejo de la grava-arena de la presa, por su distribución óptima del peso, su capacidad de excavación es el más indicado para extraer el material debajo del nivel freático, pues permite una profundidad de excavación hasta de 10.76 mts y una altura total de operación hasta de 9.63 mts. Además el control de dirección de avance y retroceso es de operación sencilla lo que permite agilizar las operaciones.

En cuanto a los cargadores se seleccionaron dos modelos diferentes a fin de contar con capacidad requerida de acuerdo a las necesidades de carga específica, los cargadores 988B tienen una capacidad mucho mayor a igual potencia que una potencia más elevada, pero como en la explotación de los bancos de grava-arena con frecuencia se requieren capacidades menores, se optó por seleccionar, además cargadores 980F, con el propósito de optimizar su uso.

Las Palas Frontales seleccionadas fueron del modelo 245B Serie II pues éstas pueden ser descargadas por el frente como por el fondo adecuándose a las necesidades particulares de la operación; además tiene una gran velocidad de desplazamiento (3.17 Km/hr) que permite una rapidez de maniobra.

Los camiones articulados D30D resultan los más

adecuados dados los volúmenes y la naturaleza de los materiales que se manejan, estos camiones tienen una capacidad de 30 tns., además su potencia (285 HP) y velocidad de operación (52km/h) proporcionan una maniobrabilidad excelente, en la distancia media de transporte que es de 8 km en esta etapa de construcción.

Por otro lado, los camiones de obra que resultan más adecuados en este caso son las del modelo 773B por su gran capacidad, potencia del volante y velocidad de operación, que cargado alcanza 60 km/h.

Los tractores empujadores resultan una máquina esencial en el manejo de la grava-arena, siendo el modelo D8N el más adecuado en este caso, dado que presenta una gran confiabilidad de maniobra.

2) Enrocamiento.

Generalmente el enrocamiento proviene de las excavaciones de las estructuras de Toma y Vertedor; las excavaciones subterráneas producen un enrocamiento más fragmentado que se utiliza en la zona de transición aguas abajo del eje de la presa.

Para las excavaciones a cielo abierto se emplean perforadoras de oruga tipo Ingersoll Rand CM-350 adaptadas con perforadora tipo VL 140 y martillo de fondo. El

material se carga utilizando cargadores 988B y palas frontales 245B Serie II.

El material es transportado en camiones de obra 769B (40 ton.) y 773B (50 tn) y camiones articulados D400D.

Durante las etapas iniciales en las cuales no habían sido desarrollados los frentes de trabajo, se utilizaron pedreras cercanas con equipo similar.

La producción es de 300,000 m³/mes, de los cuales se aprovecha el 50% debido a que se encuentra material intemperizado en el vertedor, aunque posteriormente es posible aprovechar la totalidad de la producción.

El equipo utilizado en esta etapa es el siguiente:

2 Tractores D8N

2 Palas Frontales 245B Serie II

3 Cargadores 988B

12 Camiones de Obra 773B

10 Camiones de obra 769B

4 Camiones articulados D400D

6 Track Drill de martillo de fondo

Los tractores D8N también resultan adecuados para el manejo de los materiales del enrocamiento ya que su potencia permite una maniobrabilidad adecuada.

Las palas frontales 245B Serie II también prestan una productividad y eficiencia adecuada tratándose del

enrocamiento pues su capacidad del cucharón es perfecta para la carga del material proveniente de las excavaciones.

Los cargadores 988B en este caso resultan más adecuados dado el volumen de los materiales manejados, el cual es muy considerable, el tipo de maquinaria seleccionada permite el control automático del cucharón, levantándolo a la altura de descarga predeterminada y lo regresa al ángulo de excavación predeterminado lo cual permite obtener ciclos más rápidos.

En esta etapa también se considera conveniente contar con diferentes capacidades de camiones de obra para adaptarse a los requerimientos de operación; por lo que se

seleccionaron los modelos 773B con capacidad de 50 toneladas y 769C de 40 toneladas a fin de optimizar su productividad y eficiencia.

Para el enrocamiento, los camiones articulados D400D también resultan adecuados para el manejo de los materiales.

Debido a que la composición del suelo es básicamente de arena y roca, resulta más apropiado utilizar compactadores vibratorios pues en una zona de utilización con tales características resultan más ventajosos y económicos (ver zona de aplicación del compactador, capítulo 2).

En la presa el material es compactado por máquinas compactadoras de suelos CS - 563, vibratorio de 10 toneladas.

La compactación en el sentido del talud se da con el compactador de 5 toneladas accionado por una grúa tipo Link Belt LS-118.

Para la colocación de los materiales de aluvión a elevaciones superiores a la cota 100 se usa un sistema de banda transportadora en la margen derecha que subirá el material desde un tunel de recuperación ubicado sobre la atagüía de aguas abajo a la elevación 80 hasta una tolva reubicable entre las elevaciones 130 y 150. Desde dicha tolva los materiales se distribuyen en camiones.

La capacidad de la banda es de 2000 ton/hr. para alcanzar una producción de 400,000 m³/mes.

El sistema de bandas transportadoras es necesario para el material de aluvión que forma parte de la cortina.

De acuerdo a la topografía del sitio, se consideró adecuado conformar el sistema por tramos rectos de banda de diferentes largos y pendientes, diseñando cada uno de estos tramos, según su tamaño, con su correspondiente sistema motriz.

Las características principales del sistema de bandas transportadoras son las siguientes:

- Longitud	9.2 Km.
- Capacidad	2000 ton/hr.
- Peso específico del material	1.6 ton/m ³ .
- Tipo de material	grava-arena.
- Angulo de reposo del material	35°.

El equipo adecuado se determinó en función de la capacidad requerida y las características del material; esto es, características y capacidad de motores, dimensiones y calidad de banda, velocidad, características de los rodillos y disposición de la superterría, así como el diseño de los sistemas de control y seguridad del equipo.

En el suministro y fabricación de los componentes del sistema es necesario considerar lo siguiente:

- Infraestructura.
- Equipo de rodamiento y bandas.
- Equipo de impulsión.
- Equipo de control y protección.

La obra civil incluye desmonte, limpieza, trazo, excavaciones, rellenos, revestimiento de terracería en el camino de acceso, así como cimentación para la infraestructura del equipo.

3) Caminos.

El camino de acceso al sitio, se ubica en la margen izquierda y se une al de margen derecha con un puente ubicado 3 km. aguas abajo de las obras.

El camino de la margen derecha de acceso principal a los bancos de aluvión, permite efectuar las excavaciones de la obra de toma y subestación; el de margen izquierda se utiliza para la excavación del vertedor.

Ambos caminos permiten llevar los materiales a la cortina para que puedan ser aprovechados durante la operación, el de margen derecha para acceso exclusivo a las instalaciones del proyecto.

El objetivo es facilitar el acceso al sitio del proyecto hidroeléctrico Aguamilpa, de manera que es importante señalar las características y alcance tanto de la margen izquierda como de la margen derecha; a fin de que en la selección del equipo y maquinaria correspondientes se consideren tales aspectos.

Camino de la margen izquierda.

Este camino contempla las siguientes características.

. Ancho de corona	9.00 m
. Ancho de calzada	7.00 m
. Acotamiento	1.00 m
. Espesor de capa subrasante	0.30 m

. Espesor de la sub-base	0.15 m
. Espesor de la carpeta asfáltica	0.09 m

Las obras consisten en la reconstrucción de terracerías, construcción de drenaje, pavimentación del camino y obras complementarias.

En algunos tramos se encuentran a nivel de terracería, con revestimiento en la mayor parte, es importante señalar que en algunas zonas, se tienen que hacer cortes o terraplenes para dar la sección del proyecto.

Camino margen derecha.

La descarga de la obra de excedencias interrumpirá el acceso por margen derecho, siendo necesario un camino de construcción que ligue los principales frentes de obra como son: entrada a casa de máquinas, tunel de desfogue, galería de transformadores, plataforma de subestación, plataforma para el equipo de ventilación, obra de toma y cortina.

Las características de este camino son las siguientes:

. Ancho de corona	10.00 m
. Espesor de la subrasante	0.30 m
. Espesor de la sub-base	0.20 m
. Espesor de la base	0.20 m
. Pendiente máxima	6 %
. Longitud aproximada	6.5 km
. Espesor de la carpeta asfáltica	0.09 m

4) Túneles de desvío.

La obra de desvío se localiza en la margen izquierda del sitio de la presa y está integrada por dos túneles de sección portal sin revestir de 16 x 16m, cada túnel dispone de una estructura de cierre provisional, adicionalmente, un túnel tiene la estructura de cierre final.

El acceso a los túneles consiste en un canal de cielo abierto de 50m de ancho por 180m de longitud. La plantilla de este canal se encuentra a diferentes niveles; 64 y 69.0 m sobre el nivel del mar (snm) para cada túnel respectivamente.

Los portales de entrada y salida están revestidos de concreto reforzado, en una longitud de... por lo menos una vez el diámetro.

El cierre final consiste en una estructura con una reducción de 7 x 13m para alojar una compuerta de 170 metros; los tapones se constituyen en la zona de la pantalla impermeable de la cortina.

La salida de los túneles se encuentra a los niveles 63 y 65m respectivamente, el canal de descarga de cada túnel tendrá un revestimiento de protección con una longitud de 25m a partir del portal.

La geología en el sitio de la obra está compuesta por rocas ígneas, compactas y duras donde predomina la ignimbrita dacítico radiocítica, intrusionada por diques.

Los túneles de desvío se construirán dentro de un

macizo rocoso formado por bloques de roca de tipo tabular delimitados por los sistemas de fracturas con intemperismo moderado.

Debido a que las características de la zona en general se consideran buenas, la selección de los túneles se hace sin revestir y el tratamiento consiste en anclas de fricción o tensión y revestimiento de concreto lanzado sobre malla de acero, para estabilizar los bloques o cuñas que resulten del fracturamiento.

Las principales características de los túneles de desvío son las siguientes:

Sección portal	16 X 16m
. Longitud túnel No. 1	861m
. Longitud túnel No. 2	890m
. Gasto máximo de entrada	6765 m ³ /s
. Gasto máximo de salida	5040 m ³ /s
. Velocidad media del agua	11m/s
. Volumen de excavación a cielo abierto	710,000m ³
. Volumen de excavación en túnel	426,000m ³

Las obras que corresponden en este aspecto son:

- Excavación a cielo abierto en canales de acceso y portales de entrada y salida de los túneles de desvío, así como en las plataformas de las lumbreras.

- Excavaciones en túneles de desvío.
- Excavaciones en lumbreras de obturación provisional y de cierre final.
- Protección y tratamiento de taludes.
- Tratamiento de la roca en túneles y lumbreras.
- Colocación de soportes y además donde se requieran.
- Construcción de todas las estructuras de concreto, en portales de los túneles de desvío, lumbreras, estructuras de obturación provisional y revestimientos, incluyendo las cimbras y el habilitado así como la colocación del acero de refuerzo.
- Suministro y colocación de las partes fijas de acero estructural para la instalación y operación de los obturadores provisionales.
- Limpieza general durante y al término de las obras.

3.4. CONSTRUCCION DE LA CARA DE CONCRETO.

La construcción de la cara de concreto se divide en tres etapas, a fin de lograr lo siguiente:

- Dar la protección adecuada a la parte inferior de la presa en caso de inundaciones durante el periodo de avenidas.
- Reducir el tiempo de la ruta crítica ya que en ésta sólo queda incluida la tercera etapa del colado de la cara de concreto.

- Distribuir en mayor tiempo los requerimientos de concreto; con lo que se puede evitar demandas altas en etapas de construcción de otras estructuras, permitiendo así una mejor utilización de los recursos disponibles en la obra.

En la construcción de la cara de concreto se consideran los siguientes puntos:

1) Losas de Arranque.

Las losas de arranque se colocan utilizando formas temporalmente fijadas con guías metálicas. La pendiente del talud facilita la remoción de las coberturas planas en menor tiempo.

Antes de iniciar estas losas se requiere previamente finalizar el tratamiento del talud con emulsión asfáltica, construyendo sobre éstas unas guías de mortero para apoyar los sellos de cobre y las cimbras laterales.

El arranque es construido en su ancho completo que es de 15 metros, suministrando el concreto por medio de bombas tipo schwing, directamente sobre el acero de refuerzo. Las cimbras laterales, construidas de madera son ancladas directamente sobre el talud de la presa.

2) Cimbra deslizante.

La concepción de la cimbra deslizante es optimizada y ajustada a la dimensión de las losas de Aguamilpa, que son de 15 metros.

La cimbra es operada por medio de gatos hidráulicos de 12 toneladas cada uno, los cuales transportan la cimbra impulsándose hidráulicamente a través de guías laterales.

EL resultado es una cimbra relativamente ligera de 8 a 9 toneladas con capacidad de desplazamiento medio de 2 m/hr y rendimientos máximos hasta de 6m/hr.

3) Suministro de Concreto.

El suministro de concreto es efectuado desde plataformas a las elevaciones 100, 180 y 230, y conducido hasta la cimbra por medio de canales metálicos utilizando exitosamente en otras presas; sin embargo, deben efectuarse pruebas previamente para garantizar que no se producen defectos en el concreto como la segregación.

Aquí se utilizan camiones mezcladores de $5m^3$ de capacidad que descargarán en tolvas de almacenamiento que alimentan un canalón central, el cual distribuye el concreto por canalones auxiliares articulados inmediatamente antes de la cimbra.

4) Acero de refuerzo.

El acero de refuerzo se lleva desde la plataforma de la etapa correspondiente hasta el sitio de colocación a través de un carro que transita por rieles anclados en la plantilla de apoyo de la cimbra lateral.

El volumen de concreto es suministrado de acuerdo a las necesidades que requiere la losa que se esté colocando en función del espesor para deslizar a razón de 1.5 a 2.0 m/hr. que es el rendimiento requerido para dar cumplimiento al programa.

Los equipos que se utilizarán para la construcción de la losa de concreto son los siguientes:

• • • • • Planta de concreto Ross Std 10B • • • • •

10 Camiones Revolvedores de 6 m³ de capacidad.

3 Tolvas receptoras con capacidad de 2.5 m³.

Canales para bajar el concreto.

3 Cimbras deslizantes.

1 Bomba schwing BPA 2000.

PROGRAMAS DE OBRAS DE CONTENCIÓN.

El programa de construcción para las obras de contención tiene cuatro etapas importantes dentro del desarrollo de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico.

La primera etapa consiste en desviar el Río Santiago y la terminación de la construcción de la ataguía Aguas

Arriba. Para garantizar así la construcción de la cortina dentro de un programa acelerado y poder contar con los escurrimientos de la temporada de lluvias para dar inicio al llenado de embalse.

La segunda etapa importante es la llegada con el relleno de la elevación 140 para obtener una protección de avenidas de hasta 350 años de retorno.

La tercera etapa clave que contempla el programa es la terminación de los rellenos de la cortina y la culminación de las losas de concreto.

Como consecuencia de lo anterior la cuarta etapa y la más importante, es el cierre definitivo de los túneles de desvío.

CONCLUSIONES

El proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa constituye un proyecto de gran importancia como generador de energía eléctrica.

Además de la generación de energía, presenta beneficios adicionales como el control del río que amortiguará las avenidas, reduciendo el riesgo de inundaciones; así como la reactivación económica, derivada de la demanda de mano de obra, materiales y servicios para Aguamilpa.

Una de las tareas fundamentales en este proyecto es lograr que las operaciones conduzcan a la conclusión del proyecto de manera satisfactoria, de acuerdo a los planes y especificaciones, y al costo más bajo posible.

En el equipo que se utiliza para la construcción, busca la optimización de las máquinas que es la relación entre rendimiento y gastos que dé como resultado el costo más bajo posible.

Diversos factores influyen directamente en la productividad, tales como la potencia, capacidad, velocidad, etc. Existen otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de las máquinas, estas son por ejemplo: la facilidad de servicio, la seguridad, la disponibilidad de piezas, y las conveniencias para el operador. Además factores como las

condiciones del trabajo particular que se va a realizar en lo referente a características de los materiales y espacios existentes, el movimiento que requiere el equipo, las condiciones atmosféricas predominantes, el tiempo disponible para el trabajo y la necesidad de compatibilidad entre los diferentes tipos de máquina, son determinantes para seleccionar el equipo a utilizar en la obra.

Al comparar las características de operación y rendimiento, deben considerarse todos los factores, con el conocimiento de las condiciones de trabajo, se pueden obtener estimaciones correctas del rendimiento de una máquina que puede ayudar a seleccionar la más adecuada.

Debe tenerse en cuenta que no es posible conseguir de modo consecuente un 100% de eficiencia, ni aún en condiciones óptimas. De manera que al considerar los datos sobre operación y productividad, es necesario tener en cuenta aspectos tales como: la habilidad del operador, las características del material, las condiciones de los caminos de acarreo, la altura y otros factores que puedan reducir la eficiencia y productividad en una operación determinada dentro del proyecto.

De tal manera, ha sido posible conocer las características y propiedades de la maquinaria y equipo que interviene en la extracción, colocación, tendido y compactación de los materiales que forman la cortina de la

• presa del proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa, lo cual puede servir de base en la planeación y desarrollo de proyectos similares; o bien, para ampliar los conocimientos sobre este tipo de maquinaria y su utilización en proyectos tan importantes como una presa hidroeléctrica.

En suma, a presente tesis puede ser una ayuda que sumada a la experiencia y al conocimiento de las condiciones donde se trabaja, se pueden tener los parámetros necesarios para conocer la maquinaria que genere los resultados óptimos. El estudio puede ser una aportación de gran ayuda para las personas o futuros ingenieros que desconozcan las características de la maquinaria que deben emplear al momento de la realización de una cortina en la construcción de una presa hidroeléctrica.



A N E X O 1

TRACTORES EMPUJADORES



- 1.- Tractor Caterpillar D7 H, potencia de 215 HP, (160 Kw), peso en orden de trabajo de 24,195Kg. Explotando banco de roca.

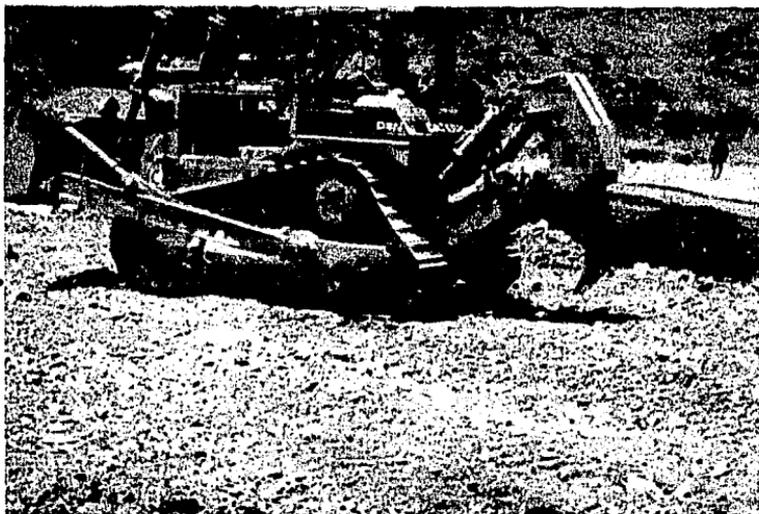
FOTOGRAFIAS RELACIONADAS CON LAS PAGINAS 27 A 55

TRACTORES EMPUJADORES



2.- Tractor Caterpillar D7 extendiendo material en el banco aluvión.

TRACTORES EMPUJADORES



- 3.- Tractor D8N Caterpillar, potencia de 285 HP (212 Kw), peso en orden de trabajo de 36,842 KG. Realizando compactación por bandeado de material en corazón de la cortina.

TRACTORES EMPUJADORES



- 4.- Tractor D8N Carterpillar explotando banco de roca para formar capa de enrocamiento de la cortina.

TRACTORES EMPUJADORES



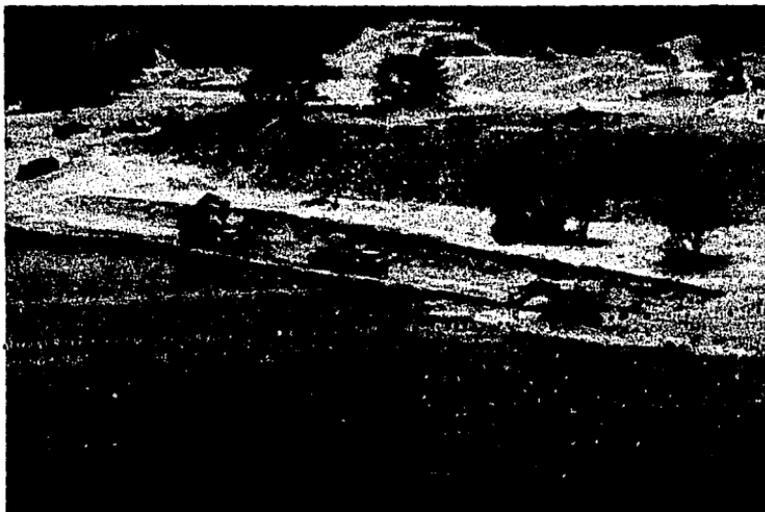
5.- Enrocamiento producto de la explotación de banco de roca.

RETROEXCAVADORES



- 1.- Retroexcavadoras O&K cargando material de aluvión. Profundidad de excavación: 4,750 a 6,528 mm. Capacidad de levantamiento 860Kg. Fuerza de excavación 32,530Kg.

RETROEXCAVADORES



2.- Retroexcavadoras O&k explotando banco de aluvión.

PALAS FRONTALES



- 1.- Pala Frontal O&K RH30-D de fabricación alemana explotando banco de roca. Potencia de 276HP. Peso en orden de trabajo; 46,200Kg. Capacidad de cucharón; 3.8m³.

CARGADORES FRONTALES



- 1.- Cargador Frontal TEREX 90C enllantado en reacomodo de material explotado para luego cargarlo en los camiones fuera de carretera y llevarlo al sitio de aplicación. Potencia; 690HP (515 Kw). Capacidad de avance; 20 Km/h. Capacidad del cucharón 9m³.

CAMIONES DE OBRA (FUERA DE CARRETERA)



- 1.- Camión Euclid R-60 Fuera de Carretera. Capacidad de 60 toneladas. Potencia 1,290HP (962Kw), alcanza una velocidad máxima con carga de 56Km/h. Se dirige a cargar material rocoso.

CAMIONES DE OBRA (FUERA DE CARRETERA)



2.- Camiones Fuera de Carretera en operación de carga de material rocoso.

FOTOGRAFIAS RELACIONADAS CON LAS PAGINAS 103 A 106

CAMIONES DE OBRA (FUERA DE CARRETERA)



3.- Camión Fuera de Carretera regresando de haber descargado el material.

CAMION DE DESCARGA DE FONDO



- 1.- Camión de descarga de fondo Euclid B-70 transportando material del banco de aluvión. Tiene una potencia de 285HP (213Kw). Alcanza una velocidad máxima de 48Km/h. Su capacidad es de 20m³.

FOTOGRAFIAS RELACIONADAS CON LAS PAGINAS 107 A 111

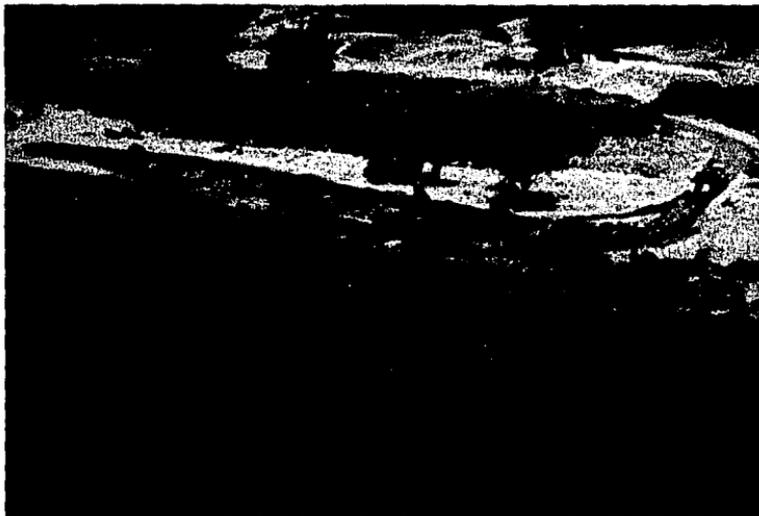
CAMIONES DE DESCARGA DE FONDO



2.- Camión de descarga de fondo en la operación de cargado de material de aluvi6n.

FOTOGRAFIAS RELACIONADAS CON LAS PAGINAS 107 A 111

CAMIONES DE DESCARGA DE FONDO



- 3.- Camiones de descarga de fondo en acarreo de material de aluvión del banco a la zona de tendido.

FOTOGRAFÍAS RELACIONADAS CON LAS PAGINAS 112 A 115

MOTOCONFORMADORAS



- 1.- Motoconformadora 14G, potencia de 200 Hp (149 Kw.), peso en orden de trabajo equipada 20,490Kg, velocidad máxima de avance 43 Km/h, velocidad máxima de retroceso 50.1 Km/h, realizando tendido de material arcilloso en corazón de la ataguía aguas arriba.

MOTOCONFORMADORAS



- 2.- Motoconformadora Caterpillar, extendiendo material arcilloso.

MAQUINA DE COMPACTACION



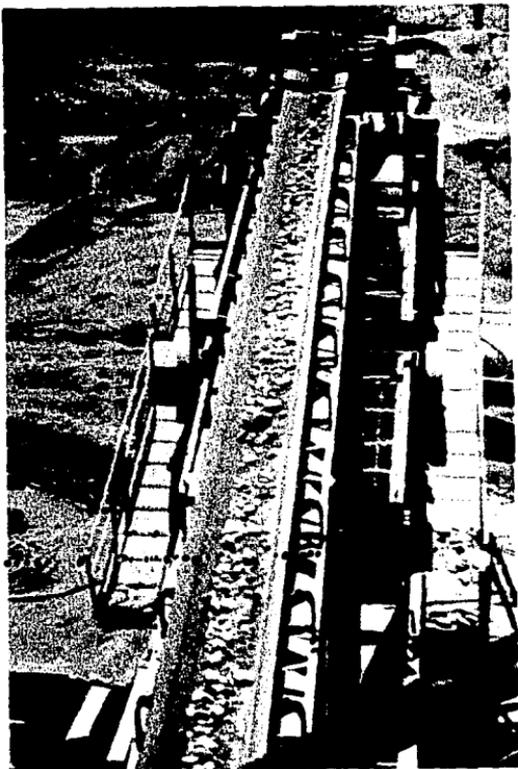
- 1.- Rodillo vibrocompactador pata de cabra. Ideal para trabajar en zonas de arcilla. Su potencia es de 315 HP. Se encuentra realizando la compactación de corazón arcilloso de el ataguía.

MAQUINA DE COMPACTACION



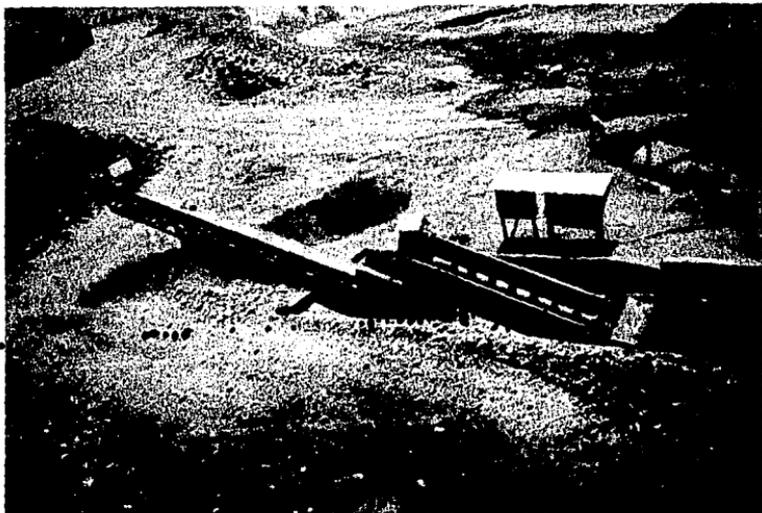
- 2.- Rodillo vibrocompactador. El ancho del tambor es de 2,130mm. Su potencia es de 145HP (108Kw), tiene una velocidad máxima de avance y retroceso de 13,3 Km/h. Su rendimiento en pendientes es del 50%. Se encuentra compactando material de arcilla y enrocamiento.

BANDA TRANSPORTADORA



- 1.- Banda Transportadora con una capacidad de 2,000ton/h. Tiene una longitud de 9.2 Km. Se encuentra transportando grava y arena desde el tunel de recuperaci3n hasta la tolva reubicable donde el material se distribuir3 en camiones.

BANDA TRANSPORTADORA



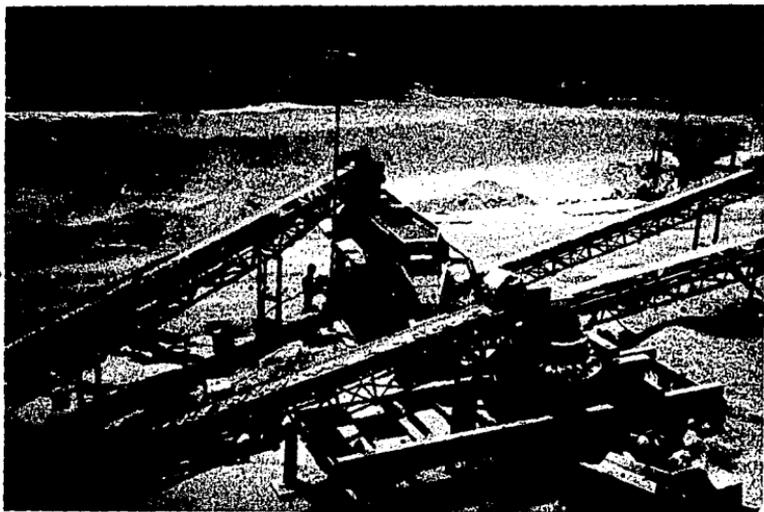
- 2.- Tornillo sin fin o gusano lavador de arenas con banda transportadora de evacuación.

BANDA TRANSPORTADORA



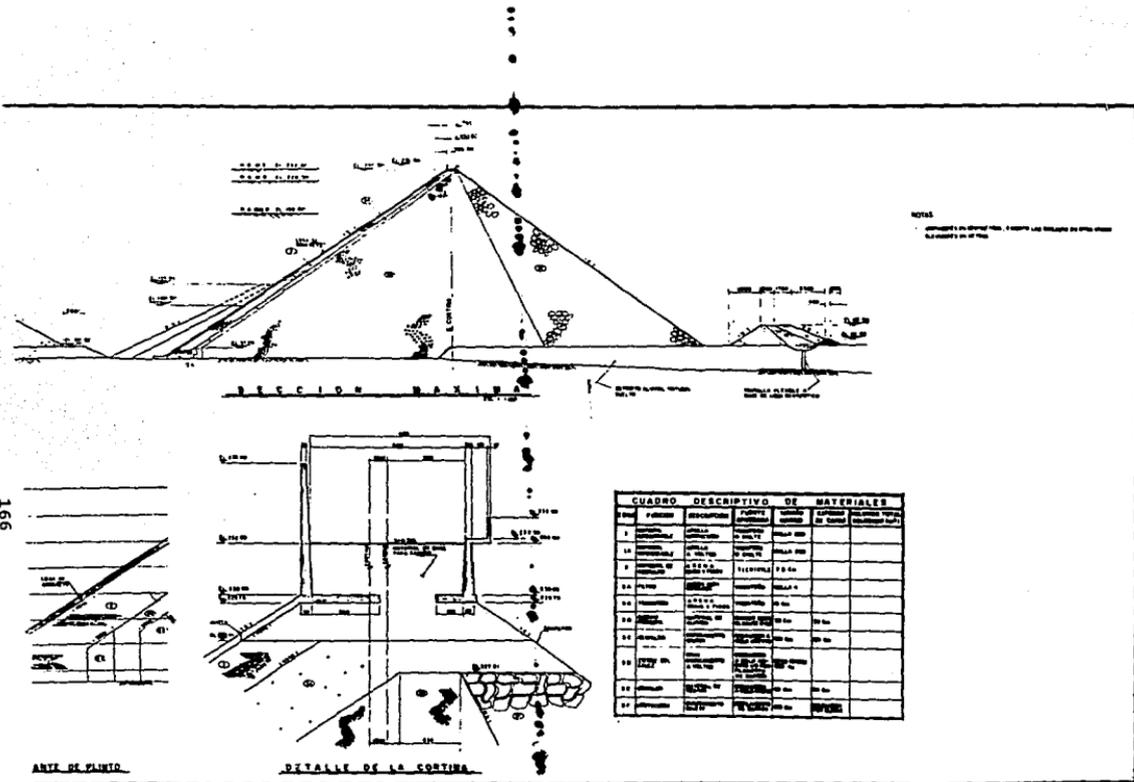
- 3.- Banda Transportadora de almacenamiento de producto triturado que muestra un ángulo de reposo del material de 35° . Transporta material rocoso del aluvión.

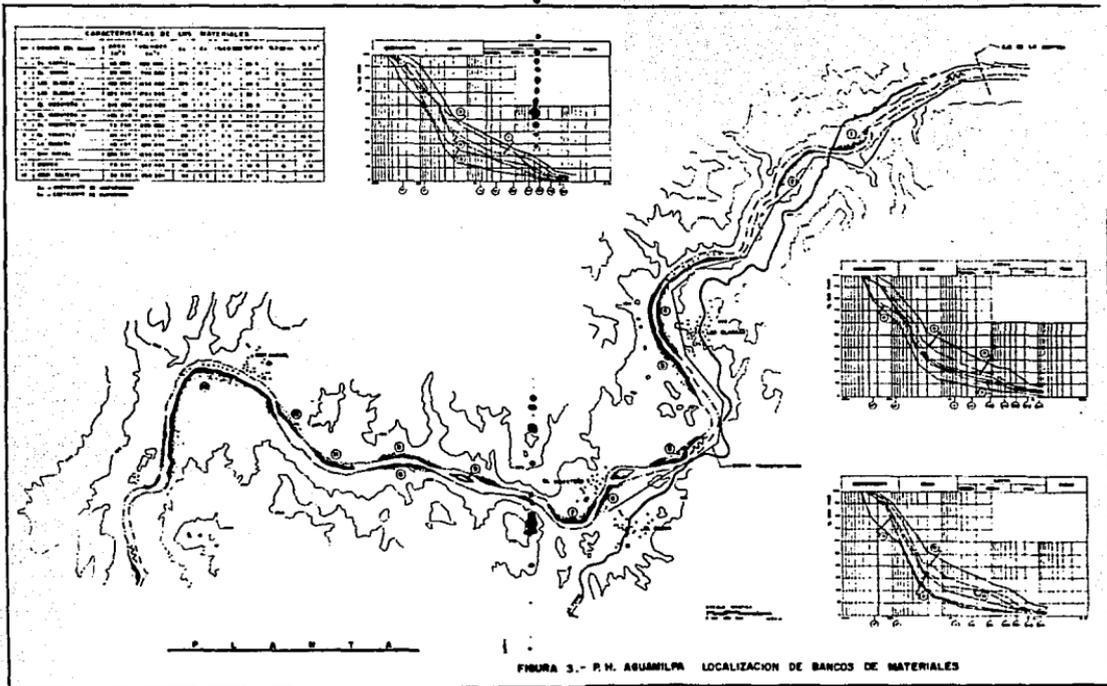
BANDA TRANSPORTADORA



- 4.- Banda Transportadora de alimentación a la trituradora.
Transporta material del aluvión necesario para la cortina.

A N E X O 2





BIBLIOGRAFIA

1. Caterpillar Inc. Manual de Rendimiento. México, 1991.
2. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. "Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa". Revista Mexicana de la Construcción. México, NO. 439, agosto de 1991.
3. Comisión Federal de Electricidad. Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa, Nayarit. México, Subdirección de Construcción, Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos, México, 1988.
4. Comisión Federal de Electricidad. Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa. Obras de Desvío e Infraestructura. Descripción, Características y Alcance. Subdirección de Construcción, Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos, México, 1989.
5. Ingenieros Civiles Asociados. Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa, Nayarit. México, 1992.
6. Ingenieros Civiles Asociados y Comisión Federal de Electricidad. Proyectos Hidroeléctrico Aguamilpa, Nayarit. México, 1991.