UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LINEAMIENTO GENERAL PARA EL USO DE LA MAQUINARIA PESADA EN CONSTRUCCION DE URBANIZACION

tesis

que para obtener el título de

ARQUITECTO

presenta

FRANCISCO R. MAZARIEGOS M.

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Guatemala, Junio 1980

JUNTA DIRECTIVA:

DECANO :	Arq. Gilberto A. Castañeda S.
VOCAL 1°:	Arq. Miguel Angel Santacruz O.
VOCAL 2°:	Arq. Francisco A. Chavarría S.
VOCAL 3°:	Arq. Guillermo Roldán C.
VOCAL 4°:	Br. Samara Ortiz
VOCAL 5°:	Br. Carlos Rafael Romero Zetina
SECRETARIO:	Lic. Fernando J. Noriega C.

ACTO QUE DEDICO:

- A MI ESPOSA
- A MI HIJA
- A MIS PADRES Y PADRES POLITICOS
- A MIS HERMANOS Y FAMILIARES
- A MIS AMIGOS

CONTENIDO Pag.

I) GENERALIDADES:

I.1) INTRODUCCION:

El arquitecto en calidad de modificador urbano se encuentra con la necesidad de habilitar asentamientos humanos, esto implica la utilización de medios de trabajo superiores a la capacidad de producción humana.

Para comprender la magnitud real de esta necesidad podemos considerar que:

En la actualidad el área metropolitana de Guatemala sitúa a una población de 2 millones de habitantes con una tasa media anual del 5%. La ciudad tiene un área de 13,000 hectáreas y se extiende a una tasa media anual del 7.1%.

En las últimas décadas el proceso de urbanización ha experimentado transformaciones significativas como resultante de una elevada tasa demográfica y de migración interna a consecuencia de la centralización industrial.

Todo este incremento ha generado una necesidad de vivienda muy grande, pero si a estos datos les agregamos las viviendas emergentes de las limonadas y las viviendas destruidas o deterioradas por el terremoto de 1976, vemos que en la actualidad hay sólo en la ciudad capital un déficit de vivienda de 208,936 unidades (datos del F.H.A.), situación que implica por sí misma una gran demanda de espacio adecuado para su poblamiento, es decir que urge una habilitación (a corto plazo) de suelo urbanizado.

Ahora bien, si comparamos el déficit de vivienda con el área promedio que cada una de ellas necesitará (incluido equipamiento), veremos que es necesario habitar 4,200 hectáreas de terreno, situación que sólo es posible lograr mediante el uso de medios mecánicos. Situación ante la cual el pro-

fesional habrá de enfrentarse constantemente, po lo que el presente trabajo aportará lineamientos generales.

I.2) OBJETIVOS:

Proporcionar al profesional de arquitectura una guía operacional para la utilización de la maquinaria pesada.

Demostrar que el uso del equipo está basado en normas y principios básicos que facilmente pueden ser aplicados en cualquier circunstancia de trabajo.

I.3) ALCANCE DEL TRABAJO:

Para efectos del presente tema se consideraron los equipos pesados de construcción aplicables a la urbanización y movimiento de tierras en general, haciendo énfasis en el equipo standard.

I.4) HIPOTESIS:

La maquinaria pesada en construcción y movimientos de tierras en función de costos en general, resulta ser la mejor alternativa para la habilitación del suelo.

LOS MATERIALES

Toda obra de excavación presenta dificultades y problemas, y al remover la tierra cambian ciertas características de las materias que la constituyen; éstos cambios dependen de las propiedades de los componentes.

Es primordial que el profesional conozca tanto al material en el que va a trabajar como sus propiedades físicas; para ello lo primordial es tener un concepto del grado de facilidad o dificultad de cargar un material determinado, y a esta propiedad la llamaremos facilidad de carga, o sea que si un material se excava y carga sin ninguna dificultad, podemos decir que posee un alto grado de esta propiedad.

Por ejemplo: Los materiales como la arcilla se cargan con gran facilidad, pero hay otros como la roca por ejemplo que requieren primero fragmentarse (a veces con dinamita) para poderse cargar.

En nuestro país existe gran variedad de materiales, pero nosotros los analizaremos mediante la siguiente gran clasificación:

A.- Rocas
B.- Tierras
C.- Mezclas de tierra y roca

A.- LAS ROCAS: Son aquellos materiales que por su dureza necesitan del uso de explosivos para poder extraerlos.

B.- TIERRAS: Son aquellos materiales que no requieren de explosivos para su extracción; para estos materiales es muy importante considerar la humedad, pues el contenido de ésta afecta el peso y los rendimientos en general de las operaciones de carga.

C.- MEZCLAS DE TIERRA Y ROCA: Es el tipo de material que más comúnmente se encuentra y reune las cualidades de ambos.

Es importante considerar que todos los materiales en su estado natural guardan cierto grado de humedad, pero hasta cierto punto estos factores pueden ser regulados por el profesional, ya que si las condiciones de drenaje no son satisfactorias, se puede abrir zanjas de drenaje, o por el contrario humedecer los materiales mediante el uso de un camión regador.

Las tres características más importantes a considerar con respecto a un material que se desee excavar y mover son: DENSIDAD, EXPANSION Y COMPRESIBILIDAD.

LA DENSIDAD

Es una de las características más importantes a conocer del material que va a moverse, ya que solo sabiendo el peso por M^3 del material que hay que transportar es posible evaluar el rendimiento de un equipo determinado.

Por ejemplo: Si consideramos que por especificación del productor, la capacidad de una trailla es de 21.4 $Mts.^3$ y que su peso máximo de carga recomendable es de 29,000 Kgs., veremos que si la cargamos con arena pómez (materia liviana), se colmará la trailla en volumen antes de llegar a su límite de peso; por el contrario, si el material con que se carga es arcilla muy húmeda (material pesado), se sobrepasará el peso antes de alcanzar el límite de su volumen.

Por esa razón, mientras mayor sea la densidad de un material, mayor será la potencia requerida para moverlo, lo que significa mayores costos de operación.

LA EXPANSION:

Es el aumento de volumen que se produce en un material al excavarlo y se expresa mediante un porcentaje de aumento de volumen.

Por ejemplo: Si nos dicen que la expansión de la arcilla es del 40%, cuando está seca, quieren decirnos que un M^3 de arcilla en banco (o sea su estado natural) llevará un espacio de 1.40 $Mts.^3$ una vez que el material se encuentre suelto.

Como la mayoría de contratos de movimiento de tierras se calculan en M^3 de material en banco, se requiere de un método para determinar la relación entre la densidad de un material suelto y en banco, y esto se logra mediante el cálculo del factor de conversión volumétrica.

$$\text{FACTOR DE CONVERSION} = \frac{\text{Kg X } M^3 \text{ de material suelto}}{\text{Kg / } M^3 \text{ de material en banco}}$$

$$\text{PORCENTAJE DE EXPANSION} = \frac{1}{\text{Factor de Conversión}} - 1 \quad 100$$

El método es muy sencillo, pero existen tablas ya determinadas para mostrar las características aproximadas de los materiales más comunes y éstas son:

MATERIAL	Kg/M^3 BANCO	% EXPANSION	FACTOR DE CONVERSION	Kg/M^3 SUELTO
ARCILLA SECA	1270	40	0.72	915
ARCILLA Y GRAVA MOJADA	1380	40	0.72	1000
TIERRA COMUN SECA	1550	25	0.80	1250
TIERRA COMUN MOJADA	2000	25	0.80	1600
PIEDRA CALIZA	2600	67	0.60	1550
ROCA PURA	2620	65	0.61	1750

TABLA # 1

FUENTE: KOMATSU TRACTOR CO.

EJEMPLO DE USO DE LA TABLA:

Supongamos que deseamos utilizar una trailla cuyas especificaciones de fábrica nos dicen que su capacidad de carga en volumen es de 13.8 $Mts.^3$ para cargar y transportar arcilla seca. Entonces según la tabla tenemos:

Densidad : 1270

Expansión : 40%

Factor de expansión: 0.72

Entonces tenemos:

13.8 $Mts.^3$ de arcilla seca en la trailla corresponden a 9.936 $Mts.^3$

13.8 X 0.72 = 9.936 Mts.^{3} en banco

Esto significa que si hay que excavar 100 Mts.^{3} en banco tendremos que transportar : 100 Mts.^{3} X 1.40 Mts. = 140 Mts.^{3} sueltos

LA COMPRESIBILIDAD:

La tierra puede comprimirse por medios mecánicos tales como los rodillos, pisones, pulverizadores y agua. Esta reducción de su volumen puede apreciarse así:

M^3 EN BANCO	M^3 SUELTOS (CON EL 30% DE EXPANSION)	M^3 COMPACTADOS (CON EL 25% DE REDUCCION)
1 M^3 — 1000 Kg	1.3 M^3 — 1000 Kg	0.75 M^3 — 1000 Kg

En pocas palabras, la compresibilidad no es más que la propiedad que tienen los materiales de reducir sus volúmenes mediante el uso de medios mecánicos.

LA MAQUINARIA:

POTENCIA DE UN EQUIPO:

Muchas personas creen que no es necesario tomar en cuenta la potencia, ya que prefieren probar con determinado equipo, y si éste no da resultado simplemente lo cambian por otro de mayor capacidad, pero esto suele resultar antieconómico ya que con tal actitud no es posible decidir cuál es la máquina adecuada ni estimar los costos de operación.

Solamente el estudio de las diferentes clases de potencia y los factores que las afectan nos pueden dar el equipo más adecuado.

Ahora; ¿Qué es Potencia?

POTENCIA: Es la energía en acción o la capacidad de efectuar un trabajo y ésta a la vez se subdivide en:

A) POTENCIA DISPONIBLE: Es la suministrada por la máquina para ejecutar cierta cantidad de trabajo.

B) POTENCIA UTILIZABLE: Es la potencia disponible, considerando las condiciones impuestas por las dificultades de trabajo.

Para determinar según el tipo de trabajo, el tipo de máquina adecuado es necesario conocer la potencia necesaria.

FACTORES QUE LA AFECTAN:

1.- Resistencia al Rodado:

Es la fuerza que opone el terreno al giro de las ruedas y viene a ser más o menos igual al 2% del peso bruto del vehículo, o sea que se requieren de 20 Kg de empuje para mover cada tonelada de peso sobre las ruedas.

Para evitar estos cálculos, la International Harwester Co. ha ideado la si-

guiente tabla:

FACTORES TIPICOS DE RESISTENCIA AL RODADO

TIPO DE CAMINO	FACTOR
DURO Y PAREJO	20 Kg/Ton
FIRME	32.5 Kg/Ton
ARCILLA DURA	50 Kg/Ton
TIERRA SIN ESTABILIZAR	75 Kg/Ton
TIERRA FANGOSA	100 a 200 Kg/Ton

TABLA # 2

Con esta tabla podemos considerar la fuerza de tracción que necesite cualquier máquina para que camine en cualquier terreno.

Por ejemplo:

¿Qué fuerza de tracción es necesaria para que un volquete (dumper) marche por un camino de tierra sin estabilizar?

Peso del dumper: 1.3 toneladas

Resistencia al rodado = Peso del vehículo X Factor de Resistencia

R. al R. = 1.3 X 75 Kg/Ton = 97.5 Kg.

2.- Resistencia a las Pendientes:

No es más que la fuerza a la gravedad que debe vencerse cuando se marcha cuesta arriba y actúa en función al peso total del vehículo.

Cuando la inclinación es hacia arriba, la marcha del vehículo es adversa y se requiere mayor potencia; pero cuando es el caso contrario (hacia abajo), es favorable y constituye un factor de ayuda al acarreo.

Entonces tenemos que:

Cuesta arriba ---- Resistencia Total = Resistencia al Rodado + Resistencia a pendientes.

Terreno Plano ---- Resistencia Total = Resistencia al Rodado

Cuesta abajo ---- Resistencia Total = Resistencia al Rodado - Resistencia a pendientes.

La resistencia a pendientes equivale a: Por cada un 1% de desnivel se produce una fuerza desfavorable de 10 Kg/Ton por peso del vehículo.

Como Calcularlo:

Resistencia a Pendientes = (ω máquina + ω carga) X 10 Kg/Ton X Porcentaje de inclinación.)

Averiguar la resistencia a pendientes que tiene que vencer un dumpero de 1.3 Ton. de peso en una ruta con el 3% de pendiente y una capacidad máxima de carga de 0.8 Ton.

Resistencia a Pendientes = (1.3 Ton + 0.8) 10 X 3 = 63 Kg.

Resistencia al Rodado: 2.1 Toneladas (ω Total) X (Factor Resistencia al Rodado.

2.1 X 97.5 = 204.75

ENTONCES:

Cuesta Arriba = 63 Kg 204.75 Kg = 267.75 Kg

Terreno Plano = 204.75 Kg

Cuesta Abajo = 204.75 - 63 = 141.75 Kg.

LA SELECCION DE VELOCIDADES DE OPERACION

Es primordial para la producción el seleccionar la velocidad más alta de corte y transporte, ya que ésta será representativa de mayor volumen de trabajo a menores costos.

¿Cómo se logra dicho cálculo?

A) Primero deben consultarse los catálogos y/o manuales de operación de la máquina que se desea utilizar.

B) Calcular la resistencia total que debe vencer dicha máquina.

C) Seleccionar la velocidad.

Ejemplo:

La resistencia total (Resistencia al Rodado Resistencia a Pendientes) que debe vencer un tractor Allis Chamers HD-11 es de 4540 Kg. (con trailla). Las especificaciones según el fabricante para fuerza de tracción en las ruedas son:

			FUERZA DE TRACCION			
			NOMINAL		MAXIMA	
VELOCIDADES	Km/h	MPH	Kg	Lb	Kg	Lb
1a.	4.20	2.6	17.550	38.670	22.270	49.100
2a.	8.00	5.0	9.070	20.000	11.520	25.390
3a.	13.00	8.1	5.530	12.190	7.020	15.465
4a.	22.20	13.8	3.260	7.185	4.140	9.115
5a.	36.40	22.6	1.980	4.375	2.520	5.550

TABLA # 3

Entonces vemos que la velocidad más adecuada es la 3a, ya que ésta posee una fuerza de tracción nominal de 5530 Kg; se habría elegido la 2a. velocidad pues siempre debe de considerarse la tracción nominal, ya que de esta forma queda disponible la potencia de reserva correspondiente a la capacidad máxima para poder salvar hoyos o trechos dificultosos.

Ahora bien, una vez elegida la velocidad de marcha, debemos de considerar los límites que imponen las condiciones reales de trabajo y determinar si toda la potencia disponible que figura en las especificaciones es realmente utilizable.

FACTORES QUE REDUCEN LA POTENCIA DISPONIBLE:

A) Tracción efectiva o agarre:

Es la capacidad que tienen las ruedas o las bandas de una máquina de aferrarse a la superficie del suelo.

B) La Altitud:

(No es problema para nuestro medio). Al aumentar la altura, disminuye la presión atmosférica y baja la potencia del motor por aspiración natural.

Ahora si, vemos que la acción de agarre de las bandas o ruedas en el suelo varía de acuerdo con el peso que hay sobre ellas y según las condiciones del suelo.

Cuando las ruedas patinan significa que las condiciones de agarre son malas, en este caso podemos emplear una de las siguientes soluciones:

1.- Aumentar el peso (siempre y cuando la máquina tenga capacidad para ello).

2.- Mejorar las condiciones del suelo (esto se logra mediante cortes y regado de nuevo material).

Uno de los factores más importantes es el peso de la máquina misma, ya que ninguna podrá ejercer una fuerza de tracción superior a su propio peso (ya que es quien directamente lo determina).

Para poder evaluar el factor de agarre correspondiente a los diversos tipos de terreno, la Caterpillar Americas Co. ha formulado una tabla de coeficientes de agarre que constituyen los porcentajes de peso sobre las ruedas de la máquina.

Por ejemplo, si en un automóvil corriente las ruedas soportan el 40% (ver tabla) del peso, por esa razón solo puede ejercer una fuerza de tracción equivalente al 40% de su peso total.

A) COMO DETERMINAR EL PESO SOBRE LAS BANDAS O LAS LLANTAS:

A.1 Para tractores de bandas = al peso total del tractor
A.2 Para máquinas de 4 ruedas = el 40% del peso bruto
A.3 Para máquinas de 2 ruedas = el 60% del peso bruto

} Se consideran solo las ruedas que tienen tracción.

B) COEFICIENTES DE AGARRE (TRACCION EFECTIVA):

TIPO DE SUELO	NEUMATICOS	BANDAS
CONCRETO	0.90	0.45
ARCILLA SECA	0.55	0.90
ARCILLA MOJADA	0.45	0.70
ARENA SECA	0.40	0.70
ARENA MOJADA	0.20	0.30
CANTERA	0.40	0.50
GRAVA SUELTA	0.65	0.55
TIERRA FIRME	0.55	0.60
TIERRA SUELTA	0.45	0.60

TABLA # 4

C) DETERMINACION DE LA FUERZA DE TRACCION UTILIZABLE:

Fuerza de Tracción Utilizable = Coeficiente de agarre X peso sobre bandas o llantas

Ejemplo: ¿Cuál es la máxima fuerza utilizable en un tractor de bandas que hala una pata de cabra sobre tierra suelta?

Supongamos que el tractor es un D-6 y que según especificaciones el peso total

del tractor es de 14,800 Kg.

Fuerza de tracción utilizable = ω Total tractor X coeficiente de agarre

F. T. U.= 14,800 Kg X 0.60 = 8,880 Kg.

EL CICLO DE OPERACION:

En cualquier trabajo de movimiento de tierras, las máquinas deben de adaptarse a un ciclo de trabajo determinado. En este ciclo están incluidas todas las operaciones de corte, carga, acarreo, descarga y retorno al lugar original de trabajo en las que pueda incurrir determinado tipo de equipo para ejecutar dicho trabajo.

Cada ciclo de trabajo está compuesto de determinado tiempo que invierte cada máquina componente del equipo de trabajo en desarrollar su labor para ayudar a completarlo y a esta subdivisión del tiempo total le llamaremos tiempo de ciclo y existen tantos tiempos de ciclo como máquinas intervienen en él.
Por ejemplo: Hay una excavadora cortando un talud y cargando el material en varios camiones; entonces el ciclo será el tiempo que se tarde la excavadora en cortar el material, cargarlo en un camión, más el tiempo que se tarde el camión en ir, voltear el material y regresar para ser cargado de nuevo. El tiempo de cíclo de la excavadora será el tiempo que se tarde en cortar el material y cargarlo.

En otras palabras, al mover el material de un lado a otro (carga, acarreo, descarga, retorno) se emplea un tiempo determinado al cual se le llama Tiempo de Ciclo. El tiempo de ciclo total es la suma de las cuatro operaciones mencionadas. El tiempo de carga incluye localización del material, carga y maniobra. El tiempo de acarreo depende mucho de la distancia, pero es el que se emplea para llevar a otro sitio el material. El tiempo de descarga es el intervalo empleado para soltar la carga y maniobrar en el botadero. Tiempo de retorno es el empleado en volver con la máquina vacía atravesando la ruta de acarreo para llegar al lugar de carga.

Cada operación o intervalo se expresa en minutos y en fracciones de minuto,

Ejemplo: 6 minutos 45 segundos = 6.75 minutos

$$\frac{45 \text{ Seg.}}{60 \text{ Seg./minuto}} = 0.75 \text{ minutos}$$

Y cada uno de ellos debe determinar por separado (de acuerdo a la velocidad de la máquina) las condiciones del material evaluado y la distancia a recorrer.

Una vez que se planea una obra de movimiento de tierras y se inicia el trabajo, es relativamente simple determinar el tiempo de ciclo para cualquiera de las unidades con solo medir varias veces el tiempo invertido por la máquina en un ciclo completo y luego obtener el promedio.

Ahora, ¿Qué hacer si la obra no se comenzado y se desea hacer un presupuesto? Pues la respuesta es muy sencilla: conociendo la capacidad de una máquina, los requerimientos de potencia y las limitaciones que han de presentarse en la obra (tales como tipos de material, distancias de acarreo, accesibilidad del terreno, volúmenes de movimiento, etc.), se puede determinar con bastante exactitud el tiempo de ciclo de una máquina y por ende su rendimiento y costos.

Tal vez la razón más importante para calcular el tiempo de ciclo es la posibilidad de reducirlo por medio de un mejor planeamiento u organización del trabajo.

Por esta razón, primero estudiaremos lo que es el tiempo de ciclo en base a sus componentes; los cuales son: Tiempo Fijo y Tiempo Variable.

A.- <u>Tiempo Fijo</u>:

Es el que invierte una máquina durante el ciclo en todo aquello que no sea acarreo y retorno, incluye el tiempo para cargar, descargar y maniobrar en el curso del trabajo. Todos estos tiempos son más o menos constantes, sea cual sea la distancia a que se acarree el material.

B.- Tiempo Variable:

Es el que se necesita para el acarreo, o dicho de otra manera: el tiempo invertido en el camino acarreando material y regresando vacío, pero varía con la distancia hasta la zona de botadero, así como con la valocidad de las máquinas.

La razón para considerar el tiempo de ciclo en dos partes (fijo y variable) es que de esta manera se simplifica enormemente el procedimiento de cálculo, ya que por ejemplo en la operación de traillas (como en cualquier otro equipo); el tiempo para descargar, retornar y volver a cargar, etc. es casi siempre constante y no hay razón para calcular separadamente el tiempo de cada unidad, a no ser que existan circunstancias especiales.

Es de hacer notar que las compañías productoras de maquinaria pesada para construcción tienen manuales sobre rendimientos de sus equipos, los cuales se han determinado en estudios en campos de trabajo, en los cuales están tabulados todos los tiempos fijos de operación. Debe de tenerse presente que dichas constantes solo constituyen una guía; pero por experiencia se ha determinado lo siguiente:

A) Para equipo nuevo (hasta 3,000 horas de trabajo) Rendimiento del manual: 10%

B) Equipo de medio uso (de 3,000 horas hasta 5,000) Rendimiento del manual: 12%

C) Equipo usado (de más de 5,000 horas de trabajo) Rendimiento del manual: 23%

NOTA:

Lo anterior es aplicable únicamente a equipos en buenas condiciones de operación.

El tiempo total de un ciclo determina el número de viajes por hora, y es evidente que lo que se desea es obtener el mayor número posible de viajes por hora. Esto significa que se debe de reducir y mantener al mínimo el tiempo del ciclo.

Existen ciertas normas para conseguir la disminución del tiempo en los ciclos, las cuales son casi todas de puro sentido común y de muy fácil aplicación.

COMO REDUCIR EL TIEMPO FIJO:

A) Siempre que sea posible, el corte debe realizarse cuesta abajo

B) " " " " " , las zonas de préstamo deben de estar situadas de manera que se pueda cargar cuesta abajo.

C) Seleccionar la maquinaria adecuada para cada trabajo, no solo en base al tipo de trabajo sino que en base a la potencia necesaria.

Por ejemplo: Un patrol (motoniveladora es ideal para cortar y nivelar extensiones largas de terreno, tales como una carretera), pero su producción es muy pobre si se le pone a tallar terrazas; labor que se puede realizar muy bien con un cargador de oruga.

COMO REDUCIR EL TIEMPO VARIABLE:

A) Trazar las rutas de acarreo cuidadosamente; este es uno de los factores más importantes en el movimiento de tierras (especialmente si el acarreo es largo), ya que a pesar de ser la línea recta la distancia más corta entre dos puntos, algunas veces es aconsejable evitar colinas y terrenos escabrosos.

B) Reparar continuamente los caminos de acarreo, pues no solo se economiza tiempo sino que también se evitan muchas reparaciones innecesarias y que a veces suelen ser muy costosas.

PRODUCCION:

El número de viajes por hora y de metros cúbicos por viaje determinan la producción de un equipo de remoción de tierra.

La producción lucrativa exige mover grandes cantidades de material al costo más bajo posible.

Una vez establecida la duración del ciclo de producción calculando el tiempo fijo y el tiempo variable, es fácil determinar el número de viajes por hora.

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{\text{Tiempo de ciclo en minutos}}$$

Ejemplo: En un determinado trabajo, una unidad de acarreo (camión de volteo) tiene un tiempo de ciclo de 4.5 minutos ¿Cuántos viajes por hora puede hacer esta unidad?

$$\text{Viajes por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{4.5} = \underline{\underline{13.30}}$$

Podemos observar que conociendo el número de ciclos por hora, se puede calcular la producción en el mismo lapso.

Entonces: Producción por hora (medida en M^3 en banco) = Metros cúbicos en Banco por ciclo X número de ciclos por hora.

Ejemplo: Si una unidad de acarreo (camión de volteo) puede llevar 6 metros cúbicos medidos en banco en cada viaje ¿Cuál sería su producción por hora si puede hacer 13.3 viajes por hora?

Producción por hora = 16.8 M^3 X ciclo X 13.30 ciclos/hora = 224 M^3 en banco X hora

Por supuesto que los cálculos anteriores no están de acuerdo con la realidad

por la sencilla razón de que nadie trabaja los 60 minutos de cada hora, por lo tanto debemos de reconocer que únicamente se trata de cifras de trabajo teórico.

Al estimar la producción, el factor de eficiencia en el trabajo es uno de los elementos más complicados, pues depende de factores humanos tales como la experiencia, responsabilidad y habilidad; de factores mecánicos tales como fallas y reparaciones así como de factores climáticos.

Una regla empírica es estimar las eficiencias del trabajo para condiciones normales de 40 a 50 minutos de trabajo por hora, y factores de eficiencia (para corregir la producción óptima) comprendidos entre el 67% y el 83%; los cuales pueden ser aplicables según el criterio de la persona que haga el cálculo.

Lo anterior puede tabularse de la siguiente forma:

HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO	FACTOR DE EFICIENCIA
50 minutos/hora	0.83
45 minutos/hora	0.75
40 minutos/hora	0.67

TABLA # 5

Esto nos indica cómo corregir la producción estimada en producción real.

Producción Real (M^3/hora) = Producción (M^3/hora de 60 minutos) X factor de eficiencia.

Es aconsejable calcular en base al 75% de la eficiencia X hora.

Ejemplo: Se tiene estimado que un camión de volteo tiene una producción por hora de 224 M^3 en Banco, ¿Cuál es su producción real?

Producción Real = Producción X Factor de eficiencia

$$P. R. = 224\ M^3 \times 0.75 = 168\ M^3$$

Es importante considerar que las unidades de acarreo con ruedas se basan tan solo en la eficiencia mecánica (no se consideran los neumáticos con sus fallas habituales tales como pinchaduras, etc.); de donde es necesario elegir neumáticos apropiados o de lo contrario habrán de reducirse las velocidades de carga útil de manera que los neumáticos tengan una duración razonable.

Otro aspecto importante a considerar en el ciclo de producción es el aspecto camión - cargador, ya que éstos deben de armonizar para obtener de esta manera la máxima eficiencia.

Cuando el equipo de carga es insuficiente para el número de camiones, se deberá agregar tiempo adicional (debido a la espera) al ciclo de tiempo de cada camión, por el contrario, insuficientes camiones harán que el cargador quede ocioso, disminuyendo de esta manera su eficiencia.

Como regla casi general, se puede decir que un cargador debe de ser capaz de cargar un camión por completo utilizando para ello de 2 a 3 cucharonadas. Para encontrar el tiempo total por camión hay que multiplicar el ciclo de tiempo del cargador por las cucharonadas necesarias para cargar por completo un camión. El número de cucharonadas se puede calcular dividiendo la capacidad del camión entre la capacidad del cargador.

Ejemplo: Un cargador con un cucharón de una capacidad de 4.6 M^3 carga un camión de una capacidad de 18.3 Mts.^{3} en un tiempo de ciclo de 0.5 minutos, de

manera que lo podrá cargar hasta el tope con cuatro pasadas.

$$\frac{18.3\ M^3}{4.6\ M^3} = 4 \text{ cucharonazos}$$

Y el tiempo total de carga será:

0.5 minutos por cucharonazo X 4 cucharonazos = 2.0 minutos

PARA CALCULAR EL CICLO:

El rendimiento de una máquina se mide estableciendo la relación entre la producción por hora y los costos respectivos de posesión y operación por hora (la cual veremos más adelante). El rendimiento de una máquina (óptimo) se puede expresar así:

$$\text{Rendimiento óptimo de la máquina} = \frac{\text{Costo mínimo de operación por hora}}{\text{Máxima producción por hora}}$$

En la mayoría de los trabajos de movimiento de tierra y traslado de material, se calcula la producción multiplicando la cantidad de material movido en cada ciclo por el número de ciclos por hora.

Producción = Carga por ciclo X número de ciclos por hora

La carga (y posterior acarreo) del material se mide de las siguientes formas:

1) Por medio de una sección transversal del corte o relleno
2) Mediante cálculo estimativo
3) Pesándola

MEDICION DEL VOLUMEN:

El volumen de tierra se define según el estado en que se halla al moverla, y para ello se utilizan las siguientes medidas:

A) Metros cúbicos en Banco : Como se encuentra en estado natural

B) Metro cúbico suelto : Como se encuentra el material después de haberse excavado y cargado.

C) Metro cúbico compactado : Como se encuentra el material cuyo volumen ha sido reducido por compactación.

A continuación expondré algunos ejemplos de cómo realizar un estimado, para lo cual habré de refrescar algunos conceptos:

A) La relación entre el volumen de tierra en banco y el de la tierra suelta se denomina Factor Volumétrico de Conversión (F.V.C.)

$$F.V.C. = \frac{Kg/M^3 \text{ de tierra suelta}}{Kg/M^3 \text{ de tierra en banco}}$$

El cual puede calcularse además a partir del conocimiento del volumen de expansión de los materiales mediante la fórmula:

$$F.V.C. = \frac{100\%}{100\% + \% \text{ de expansión}}$$

Esto nos sirve por ejemplo para estimar la carga útil de una máquina en M^3 en banco, se multiplica el volumen en M^3 de tierra suelta por el Factor Volumétrico de Conversión.

$$\text{Carga} = (M^3 \text{ en Banco}) = M^3 \text{ sueltos X F.V.C.}$$

B) La relación entre el volumen del material compactado y en banco se denomina Factor de Compresibilidad (F.C.)

$$F.C. = \frac{\text{Metros cúbicos compactados}}{\text{Metros cúbicos en banco}}$$

El factor de compresibilidad se estima o se obtiene de los datos del trabajo o de las especificaciones para determinado trabajo (no debe de confundirse el factor de compresibilidad con el porcentaje de compactación o sea el de reducción de volumen).

Ejemplo: Se debe de construir para un puente un terraplén de acceso de 7650 M^3 (el material predominante en los alrededores es arcilla seca que es el que vamos a aprovechar) y por especificación nos piden que el factor de compresibilidad sea de 0.80.

Contamos para el acarreo con camiones de 11 M^3 al ras y a los cuales se les puede hechar hasta 15 M^3 colmados.

a. ¿Cuántos $Mts.^3$ en banco son necesarios?

b. ¿Cuántas cargas se requieren?

$$M^3 \text{ en banco} = \frac{Mts.^3 \text{ compactados}}{\text{Factor de compresibilidad}} = \frac{7650}{0.80} = 9560\ M^3$$

M^3 en banco/carga = M^3 suelto X F.V.C. = 15 X 0.72 = 10.8 Mts^3 en banco

El F.V.C. = 0.72 según Tabla # 1

$$\text{Número de cargas requeridas} = \frac{9560}{10.80} = 771$$

ESTUDIANDO EL TIEMPO INVERTIDO:

Para estimar la producción hay que determinar el número de viajes completos que hace una máquina por hora. Antes de esto, debe hallarse el tiempo que invierte la máquina en cada ciclo; esto se logra fácilmente con la ayuda de un cronómetro. Lo mejor es tomar el tiempo de varios ciclos completos a fin de sacar un promedio; si dejamos que el cronómetro continúe marcando, se pueden además registrar las diversas porciones de cada ciclo, tales como el tiempo de carga, tiempo de espera, etc.

El reconocer separadamente los tiempos de las diversas partes del ciclo, facilita la evaluación respecto a la disposición y uso de la flotilla de máquinas y la eficiencia del plan.

En otros países se determina la carga acarreada mediante la pesada del material (ya que es el método más exacto), pero en nuestro país esto se hace únicamente mediante el conteo de viajes de material acarreados.

La manera de lograr buenos resultados con el peso del material es la siguiente: Mediante el uso de báscula portátil se sacan los pesos del camión cargado con material, se repite la operación varias veces y a esto se le saca el promedio.

Al peso total de la carga se le resta el peso total del vehículo vacío y esto nos dará el peso real de la carga.

ω de carga = ω total del vehículo cargado - ω del vehículo vacío.

Para determinar el volumen en metros cúbicos en banco del material que acarrea una máquina, se divide el peso de la carga por la densidad del material en banco.

$$\text{Metros cúoicos en Banco} = \frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Densidad en banco}}$$

Ejemplo: Cálculo de producción de una trailla de ruedas

A) Determinando el Ciclo:

Tiempo de espera	0.29	minutos
Tiempo promedio en demoras.....	0.25	"
Tiempo promedio de carga	0.65	"
Tiempo promedio de acarreo	4.26	"
Tiempo promedio de descarga	0.50	"
Tiempo promedio de retorno	2.09	"
CICLO TOTAL PROMEDIO.....	8.03	

Esperas y demoras..... 0.28 0.25 = 0.53 Minutos

Ciclo total menos esperas y demoras = 8.03 - 0.53 = 7.50

Pero vemos que según especificación del productor el peso de la trailla vacía = 22070 Kg.

B) Determinando el peso de la unidad de acarreo:

Pesada # 1 42375

Pesada # 2 40720

Pesada # 3 40260

123355 Kg $\frac{123355}{3}$ = 41120 Kg

Entonces tenemos:

1) Peso medio de carga: 41120 - 22070 (vacío) = 19050 Kg.

2) Densidad (Kg/M^3 en banco) = 1854 Kg/M^3 en banco (tabla)

3) Cargas: $\frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Densidad en banco}} = \frac{19050\ Kg}{1854\ Kg/M^3} = 10.30\ M^3$ en banco

4) Ciclos por hora:

$$\frac{60\ \text{minutos/hora}}{\text{Tiempo del ciclo}} = \frac{60\ \text{minutos}}{7.5\ \text{minutos por ciclo}} = 8\ \text{ciclos por hora}$$

5) Producción: Carga por ciclo X ciclos/hora

10.30 M^3 en banco (por ciclo) X ciclos (por hora) 8 =

10.30 X 8 = 82 metros cúbicos por hora.

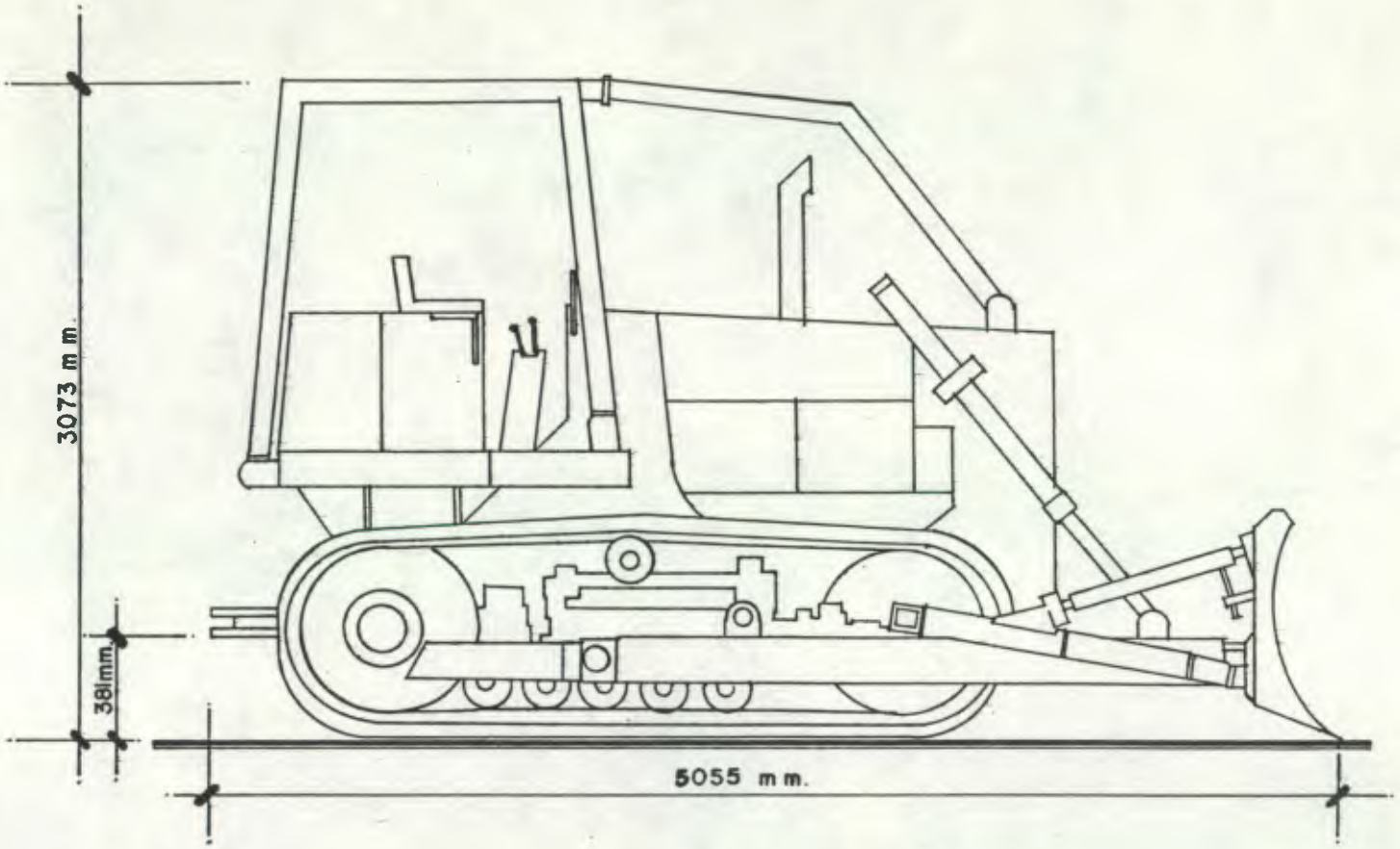
Otro aspecto importante a considerar constituye el horario de trabajo para cuando se tiene que hacer un estimado, ya que la maquinaria ve limitada su producción en horas de oscuridad, ya que la misma reduce enormemente las capacidades óptimas de trabajo del operador.

Por esta razón cuando las condiciones de trabajo así lo requieren, es bueno considerar los siguientes factores para la reducción de la capacidad:

PRODUCCION DE TRABAJO NOCTURNO

AREA DE TRABAJO	FACTOR DE EFICIENCIA
1) Areas rectas y planas	87%
2) Areas sinuosas y planas	80%
3) Areas onduladas	70%
4) Areas abruptas	60%

TABLA # 6



TRACTOR STANDARD

Ejemplo:

Sabemos que para trabajar de día en corte y empuje un Tractor Allis Chalmers HD-11 necesitó 10 horas de trabajo para mover 1400 Mts^3 de tierra en banco; ¿Cuánto tiempo será necesario que trabaje la misma máquina en iguales condiciones solo que de noche? El terreno es ondulado.

Horas trabajadas = 10

Horas realmente trabajadas= 10 X 75% (eficiencia por hora) = 7.5

Horas de producción real = 7.5

Ahora vemos que según la tabla para trabajar de noche en áreas onduladas, la eficiencia se reduce un 30%

Entonces:

Horas producción real X incremento de tiempo por reducción de eficiencia

7.5 X 1.3 = 9.75 horas.

Hasta ahora hemos considerado las posibilidades y elementos que deben de tomarse en cuenta al realizar un estimado para cualquier movimiento de tierras, pero nos hace falta analizar cómo deben de realizarse los trabajos, o sea el uso de la maquinaria. Por tal razón, vamos a comenzar por conocer la maquinaria que es de mayor uso y por ende la que tiene mayor posibilidad de utilizar un Arquitecto.

EL TRACTOR DE ORUGA:

Esta es en general una máquina muy versátil y de gran utilidad en el corte y roturación de tierras; por esta razón nuestro análisis va a comenzar desde lo que es la potencia de estas máquinas y sus dimensiones. A continuación presento tablas

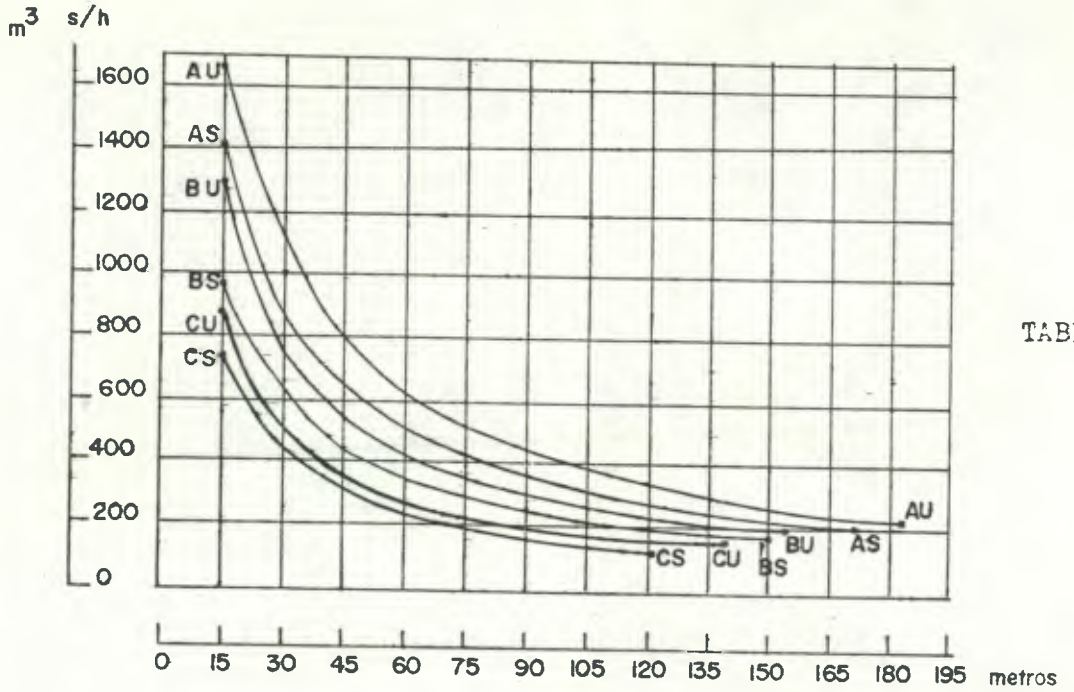


TABLA # 7

A = TRACTOR 270 H.P.
B = " 230 "
C = " 180 "

U = CUCHILLA UNIVERSAL
S = " STANDARD RECTA

PRODUCCION ESTIMADA DE TRACTORES
CON:

HOJA UNIVERSAL Y HOJA RECTA

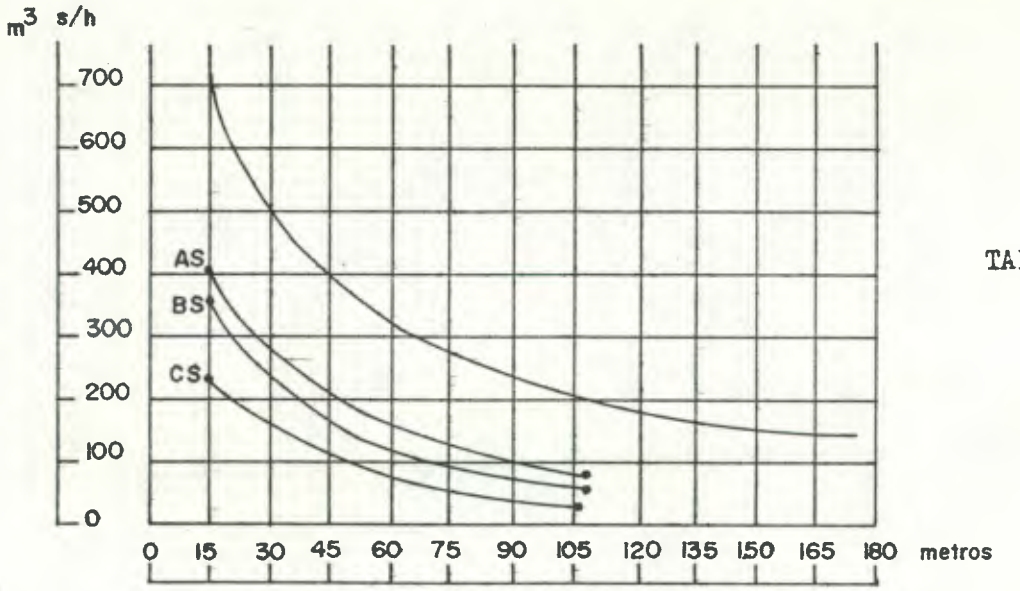


TABLA # 8

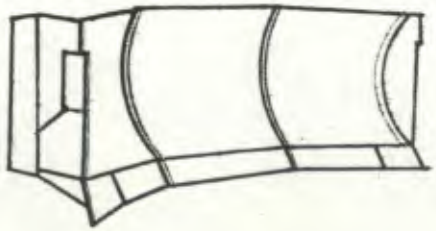
A= TRACTOR 120 H.P. S= CUCHILLA STANDARD RECTA
B = " 93 "
C = 68

PRODUCCION ESTIMADA DE TRACTORES CON HOJAS RECTAS

HOJAS TOPADORAS PARA EMPUJE EN GRAN VOLUMEN

Hoja Tipo "U": (Universal)

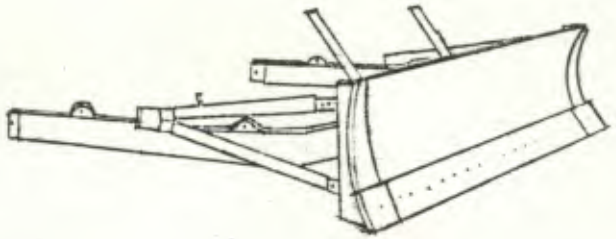
Las grandes alas de esta hoja facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias en habilitación de tierras, amontonamiento, alimentación de tolvas, y en juntar el material para los cargadores. Como no tiene muy buena penetración, pues su relación de hp/m es menor que en la hoja "S", es mejor con materiales que sean de poca densidad. Debido a que su hp/m^3 suelto es inferior al de la hoja "S" es mejor con material más liviano o relativamente fácil de empujar. Equipada con cilindros de inclinación, tiene algo de la adaptabilidad de la hoja "S". Un cilindro de inclinación mejora su capacidad para abrir zanjas, extraer materiales empotrados y nivelar, por lo cual se usa mucho en diversos trabajos de servicio general.



HOJA TIPO 'U'

Hoja "S": (Recta)

La hoja recta es la más adaptable de todas. Debido a su diseño en "U" modificada tiene gran utilidad. Como es más pequeña que la hoja "U", es más fácil de maniobrar, y puede empujar una gran variedad de materiales.
Tiene una relación más alta de hp por metro de cuchilla que la hoja "U", de modo que su penetración es mejor, y obtiene buenas cargas.
Un cilindro de inclinación aumenta su rendimiento y adaptabilidad. Debido a su mayor relación de hp por M^3, la hoja "S" puede mover con facilidad materiales densos. Con plancha para empuje, es muy buena en la carga de traíllas.

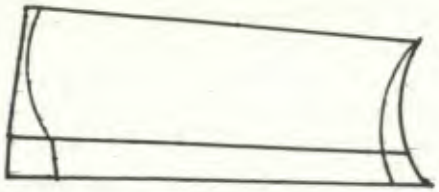


HOJA TIPO STANDARD

Hoja "A": (Orientable)

Puede situarse en posición recta o a un ángulo de 25° a derecha o izquierda. Se ha diseñado para empuje lateral, corte inicial para caminos, rellenos, aberturas de zanjas y otras labores similares.

En estos trabajos, reduce las maniobras requeridas en las operaciones. Su bastidor "C" es adecuado para accesorios para empuje, desmonte de tierras, despejo de nieve y otros.



HOJA TIPO 'A'

de tractores Caterpillar que nos van a ser importantes tanto para el cálculo de capacidad (potencia de la máquina), como para cuando se hagan las consideraciones de diseño (dimensiones).

Un aspecto importante a considerar es que el rendimiento de una máquina depende mucho del tipo de cuchilla que ésta utilice, por tal razón comenzaremos por analizar cómo se calcula el rendimiento en corte de un tractor en base al tipo de cuchilla que utilice.

Hay diferentes tipos de cuchilla, pero los más comunes son: la hoja tipo "U", la hoja tipo "S" y la hoja tipo "A" (las cuales se ilustran a continuación), con el uso adecuado de cada una.

Un tractor puede venir equipado de fábrica con un tipo determinado de cuchilla, pero éstas son intercambiables y por esta razón un mismo tractor puede tener variaciones en su capacidad de corte; esto puede clarificarse en las gráficas para producción con hojas Universal y Standard.

El uso de estas tablas es muy sencillo, pero deben de afectarse los resultados de ellas con ciertos factores, tales como eficiencia del operador y condiciones del trabajo.

Para que lo anterior quede claro, primero voy a nominar los factores y después citaré un ejemplo hipotético.

FACTORES DE CORRECCION:

A) OPERADOR:

A.1 Excelente 1.00

A.2 Bueno..... 0.75

A.3 Deficiente..... 0.60

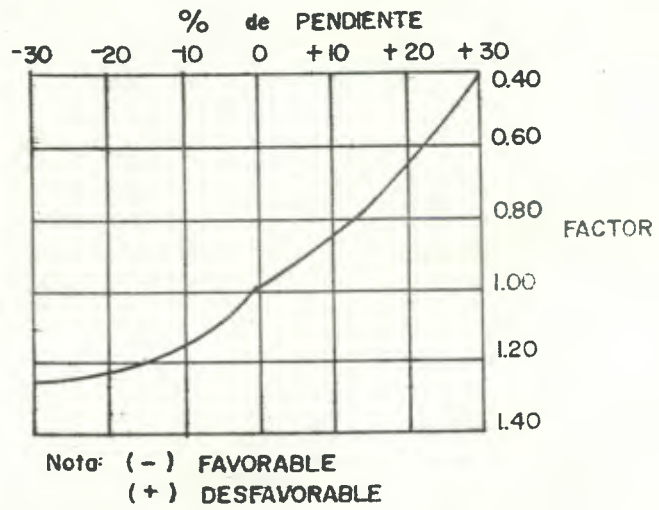


TABLA # 9

VARIACION DE PRODUCCION SEGUN PENDIENTE

B) MATERIAL:

B.1	Material suelto o amontonado.....	1.20
B.2	Difícil de cortar:	
B.2.1	Con cilindro de inclinación lateral.....	0.80
B.2.2	Sin cilindro de inclinación lateral.....	0.70
B.2.3	Hoja con control de cable.....	0.60
B.3	Difícil de empujar (se apelmaza o muy pegajoso).....	0.80
B.4	Roca desgarrada o dinamitada.....	0.60 a 0.80
B.5	Empuje por método de zanja (consiste en hacer un corte en forma de callejón y allí empujar los materiales para lograr así un empuje mayor).....	1.20
B.6	Empuje con 2 tractores juntos.....	1.15 - 1.25
C.	Visibilidad..... (polvo, lluvia, niebla)	0.80
D.	Eficiencia en el trabajo:	
D.1.	Trabajo efectivo = 50 minutos/hora.....	0.84
D.2.	Trabajo efectivo = 40 minutos/hora.....	0.67
E.	Pendiente en contra o a favor del corte (ver gráfica), consiste en apreciar si la máquina está trabajando cuesta arriba o cuesta abajo (ya que hacia abajo aumenta su rendimiento, pues el peso propio de la máquina le ayuda).	

Ejemplo:

Determinar la producción media por hora de un tractor D-8 Caterpillar (230 H.P.) con hoja tipo standard provista de cilindro de inclinación, que tiene que

cortar en un terreno duro (difícil de cortar) con pendiente aproximada del 15%. La distancia media de trabajo son 45 Mts. y para aprovechar mayor volumen de acarreo se decidió utilizar el método de zanja, el operador es bueno y la eficiencia de trabajo estimada es de 50 Min/hora.

Vemos entonces en la gráfica "Producción estimada de tractores con hoja universal y hoja recta", en la cual nos indica que para un tractor de 230 H.P. con hoja tipo "S" en una distancia de acarreo máximo de 45 Mts., la producción máxima no corregida es de 575 Mts.^{3}/hora.

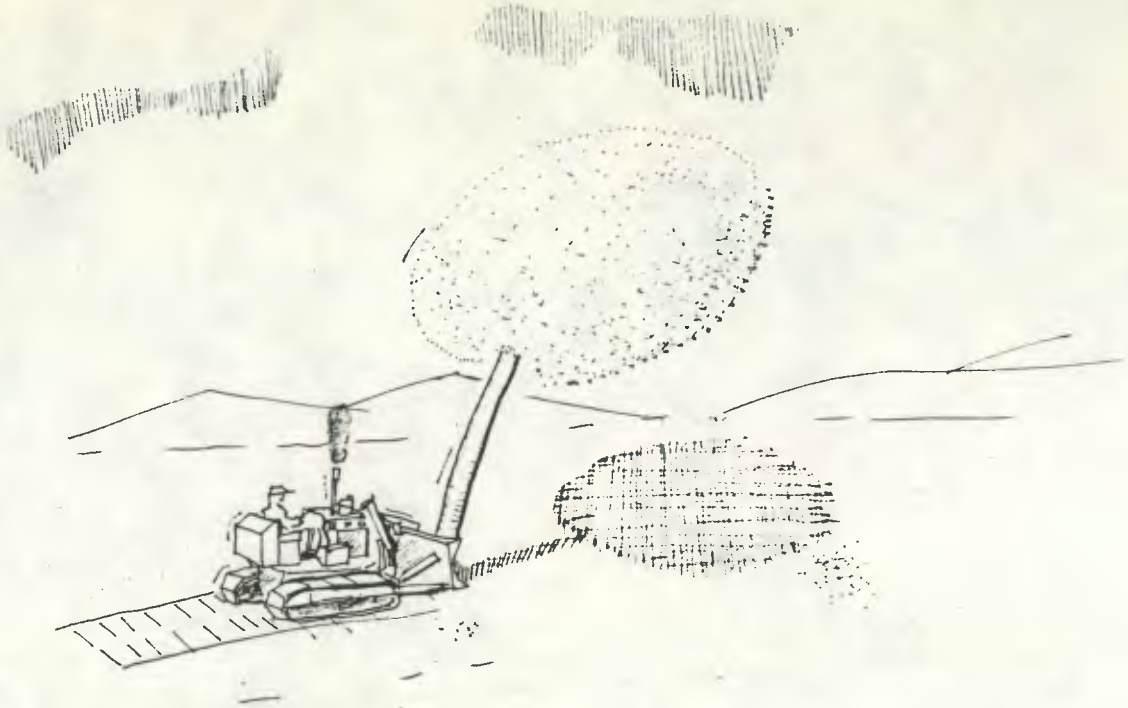
Entonces le aplicamos las siguientes correcciones:

A) Material difícil de cortar..... 0.80
B) Corrección de pendiente (ver gráfica)..... 1.19
C) Método de zanja..... 1.20
D) Operador bueno..... 0.75
E) Eficiencia en el trabajo..... 0.84

PRODUCCION = Producción máxima X Factores de corrección

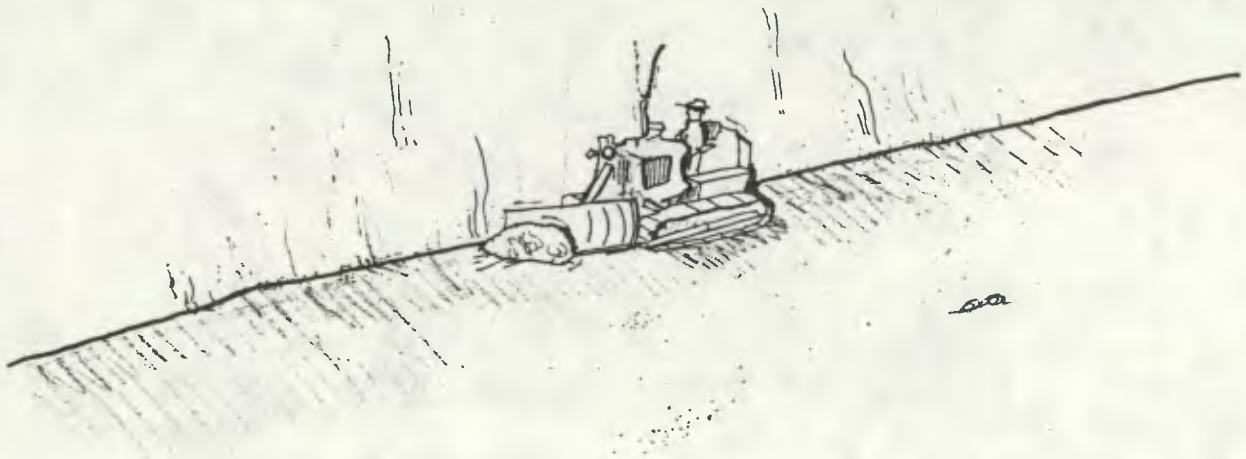
Producción = 575 M^3/hora X 0.80 X 1.19 X 1.20 X 0.75 X 0.84 = 413.83 M^3

A continuación y de una manera general (mediante ilustraciones), se presenta la manera más racional de utilizar un tractor.



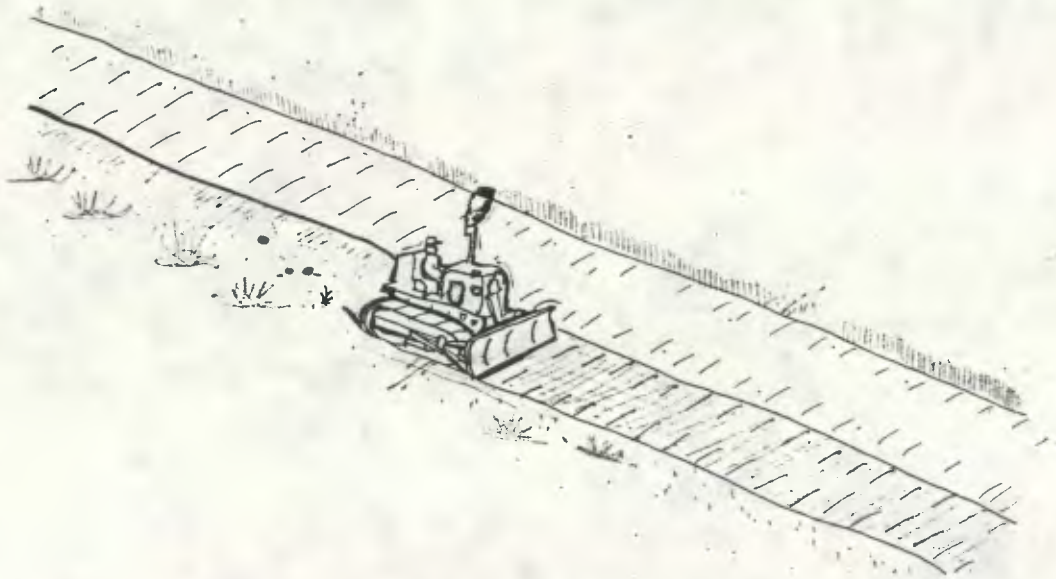
TUMBADO DE ARBOLES y EXCAVACION DE RAICES EN LA ROTURACION DE TIERRAS

Con la hoja levantada, pueden tumbarse rápida y eficientemente árboles de un diámetro hasta 25 cm (10 pulg.). No use el impacto de la bulldózer sino más bien apoye la hoja contra el árbol y avance. Después de tumbar el árbol, baje la hoja y excave las raíces.



PARA CORTAR ó EXCAVAR TERRENOS DUROS

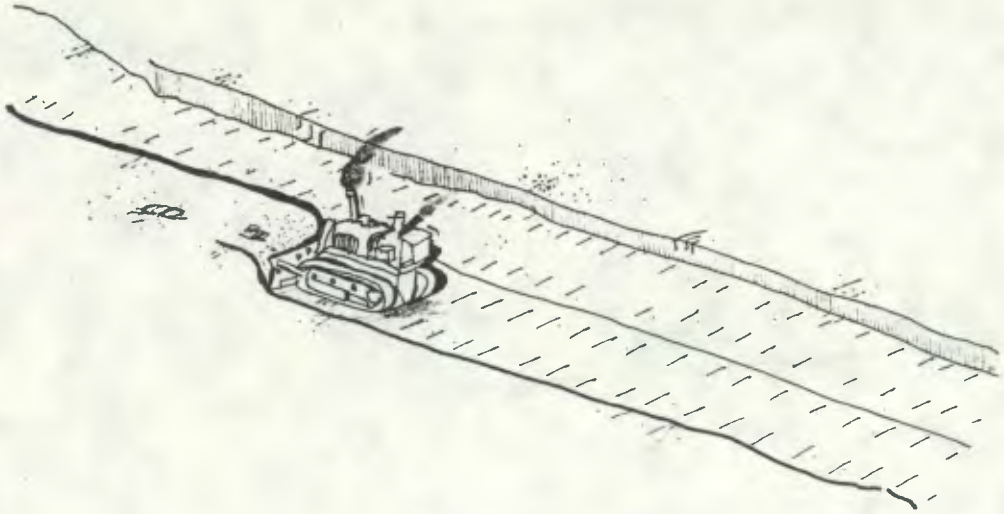
Para romper o excavar fácilmente terrenos duros, incline la hoja de modo que pueda excavar con la broca extrema de la hoja. Para terrenos muy duros, se recomienda usar primero un roturador hidráulico y luego la bulldózer.



TRABAJO DE NIVELACION

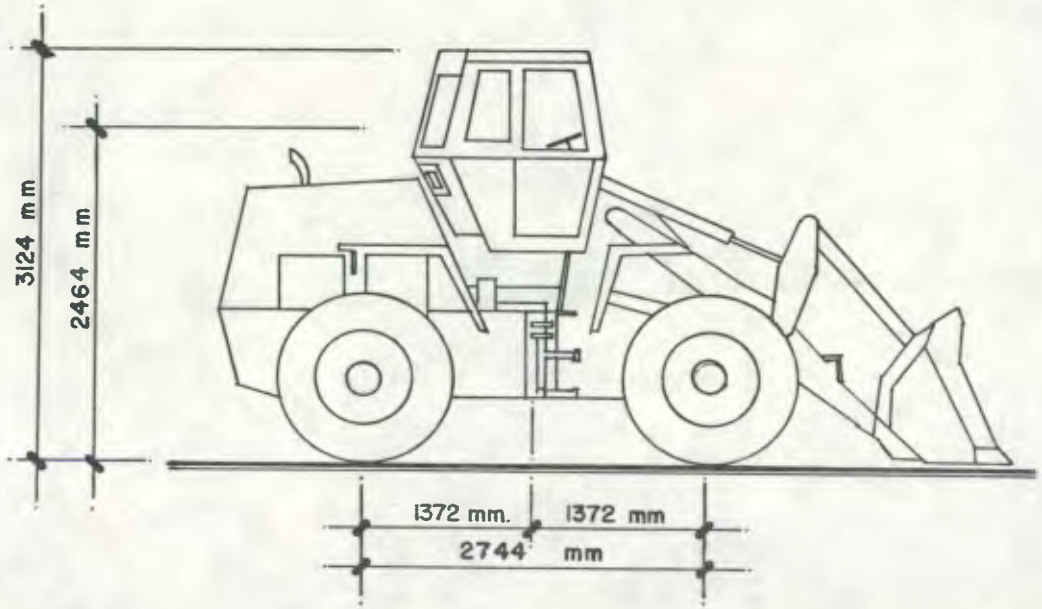
Empuje la hoja llena de tierra levantándola o bajándola para compensar las irregularidades del terreno.

Para el acabado de nivelación, conduzca la bulldózer hacia atrás con la hoja en estado "FLOTANTE" sobre el suelo. Evite sin embargo este método en terrenos con piedras para no estropear la hoja.



OPERACION COMO *TOPADORA*

La bulldózer es de la máxima eficiencia en los trabajos de nivelación de tierras y transporte de tierras a una distancia de un máximo de 50 metros (160 pies).



CARGADOR STANDARD

CARGADOR FRONTAL:

Después del tractor, la maquinaria más utilizada es el Cargador Frontal; esta máquina está diseñada (como su nombre lo indica) para recoger materiales y cargarlos a las unidades de acarreo (dumpers o camiones).

El cargador frontal puede utilizarse también para realizar cortes pequeños en material no muy duro, pero sus rendimientos son muy bajos y costosos.

El tiempo que le es necesario al cargador para recoger material y depositarlo en la unidad de acarreo se llama Tiempo de Pasada y lo normal es llenar el container de 3 a 5 pasadas.

Para que un cargador sea aprovechado al máximo es necesario tener la cantidad suficiente de unidades de acarreo.

Por ejemplo:

En un área determinada de trabajo vemos que un camión tarda 10 minutos en ser cargado, acarrear, voltear el material, regresar y estar listo para ser cargado de nuevo. ¿Cuántos camiones son necesarios para que la máquina rinda a cabalidad?

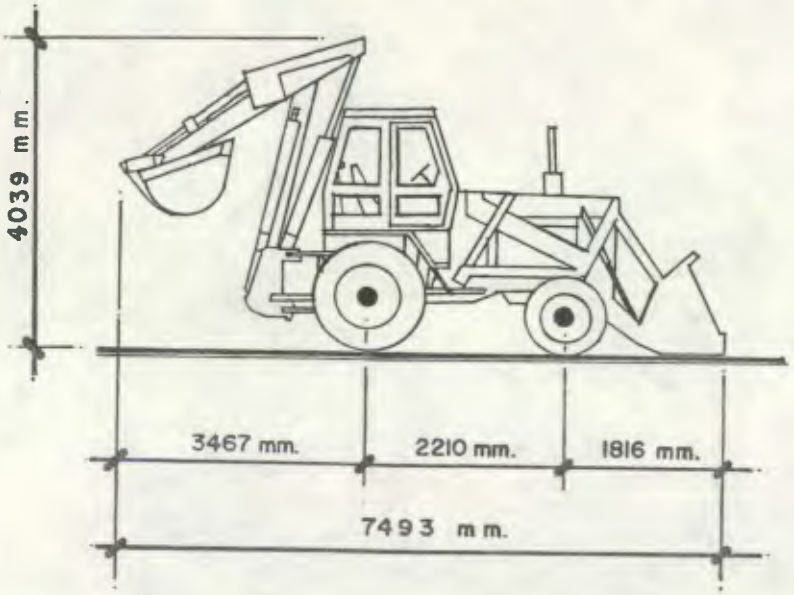
Hora = 60 minutos X (Eficiencia por hora = 75%)

60 X 0.75 = 45 minutos

Y un camión tarda 10 minutos, entonces:

$\frac{45}{10} = 4.5 = 5$ camiones

Para calcular el rendimiento promedio de carga de un cargador frontal, la Clark International Corp. realizó la siguiente tabla, que puede ser perfectamente aplicable:



RETROESCAVADORA STANDARD

RENDIMIENTO DE UN CARGADOR FRONTAL EN M^3 POR MINUTO (CALCULADOS A PARTIR DE 60 MINUTOS HORA Y CON UN ANGULO DE GIRO DE 90°)

CAPACIDAD DEL CUCHARON M^3					MATERIAL
2	3	4	5	6	
5.93	7.75	9.67	11.40	13.30	BARRO HUMEDO Y ARCILLA PEGAJOSA
5.56	7.50	9.25	10.80	12.30	ARENA Y GRAVA
5.00	6.75	8.50	10.10	11.40	TIERRA COMUN
4.42	6.00	7.50	8.83	10.10	ARCILLA DURA
3.83	5.33	6.83	8.33	9.58	ROCA BIEN VOLADA
3.33	4.83	6.33	7.67	9.00	MATERIAL CON ROCAS, RAICES, ETC.
3.08	4.50	5.75	7.00	8.17	ARCILLA HUMEDA PEGAJOSA
2.67	3.92	5.08	6.25	7.33	ROCA MAL VOLADA

TABLA # 10

LA RETROEXCAVADORA:

Posiblemente dentro de la maquinaria pesada, la más versátil y de mayor aplicación sea la Retroexcavadora y es debido a su doble función de Cargador Frontal-Excavadora. De sus aplicaciones para urbanizaciones pueden mencionarse algunas en las que rinde mayor volumen de trabajo y éstas son:

A) Uso como cargador frontal para depositar material en los containers de las unidades de acarreo. (En este caso tanto su rendimiento como su producción en general pueden estimarse exactamente como si fuese un pail over).

B) Uso como excavadora para cortes de material en banco (principalmente taludes), uso como zanjeadora para la excavación de zanjas y drenajes, teléfonos y agua potable (en urbanizaciones).

C) Uso como niveladora en trabajos de afinamiento y tallado de cortes terraceados en movimientos de tierra.

RENDIMIENTOS POR HORA (60 MINUTOS) Y CON ANGULO DE GIRO DE 90° PARA RETROEXCAVADORA (CASE 580) USADA COMO CARGADOR FRONTAL

TIPO DE MATERIAL	M^3/HORA
BARRO HUMEDO Y ARCILLA PEGAJOSA	300
ARENA Y GRAVA	270
TIERRA COMUN	250
ARCILLA DURA	222
ROCA BIEN VOLADA	210
MATERIAL CON ROCAS, RAICES, ETC.	197
ARCILLA HUMEDA PEGAJOSA	175
ROCA MAL VOLADA	150

TABLA # 11

RENDIMIENTOS POR HORA (60 MINUTOS) EN EXCAVACION Y CORTE PARA RETROEXCAVADORA USADA COMO PALA EXCAVADORA O ZANJEADORA (CASE 580) CON PROFUNDIDAD MAXIMA DE EXCAVACION DE 5.60 Mts.

TIPO DE MATERIAL	M^3/HORA
BARRO HUMEDO Y ARCILLA PEGAJOSA	200
ARENA Y GRAVA	180
TIERRA COMUN	150
ARCILLA DURA	130
ROCA BIEN VOLADA	120
MATERIAL CON ROCAS, RAICES, ETC.	110
ARCILLA HUMEDA PEGAJOSA	100
ROCA MAL VOLADA	70

TABLA # 12

Hasta ahora hemos visto los factores a considerar en el uso y selección de maquinaria, cómo hacer cálculos en base a los rendimientos de equipo, cuáles son los tipos más usuales de equipos; por esa razón consideraremos las fases de cualquier movimiento de tierras, las cuales son:

A) Conocimiento y Ubicación del Terreno:

En esta etapa lo que suele hacerse es realizar un reconocimiento completo del área de trabajo y en base a los requerimientos del diseño comenzar a localizar

bancos de préstamo de materiales, áreas de botadero, caminos de acceso y condiciones generales del proyecto tales como topografía, composición general de suelos (morfología del terreno) y en general los grados de dificultad de la obra.

B) Conocimiento y estudio de planos para la ejecución del proyecto.

C) Cuantificación de volúmenes de trabajo y elaboración de un estimado de operación de maquinaria.

D) Ubicación específica del diseño en el terreno, la cual consistirá en localizar bancos de marca y puntos de salida para la ubicación primero del polígono general del terreno y luego de los ejes principales por una brigada de topografía.

E) Limpia, chapeo y destronque (por no haber hablado de ello con anterioridad, vamos a analizar todo el proceso desde su inicio).

La limpia y chapeo puede ser muy sencilla, pero llega a dificultarse cuando se presentan áreas para descombramiento (desmonte de áreas densamente pobladas de vegetación).

Las condiciones de descombramiento suelen afectarse por:

A) Influye mucho en el rendimiento (y por lo tanto en los costos) la densidad de la vegetación y el tamaño de los árboles.

B) Condiciones del suelo (o capacidad de sustentación) ya que influyen mucho la profundidad y el tipo de tierra vegetal, el grado de humedad del suelo, rocas o piedras. Si por ejemplo nos tocara realizar los trabajos en una zona semipantanosa (como puede hallarse en algunas partes de Izabal), la maquinaria a emplearse reducirá mucho su capacidad de operación y habría de proveerse de

bandas más anchas, lo cual incrementa los costos.

C) Los desniveles y otras características del terreno tales como pendientes abruptas, grandes piedras, erosión, influyen mucho en los rendimientos.

D) El Clima: Las lluvias y la temperatura influyen mucho (hasta en la quema de deshechos).

E) El empleo final de las tierras desmontadas: Ya que no sería lógico el colocar las mismas condiciones de desmonte para un área de vivienda que para un parque.

F) Especificaciones del trabajo (mientras más estrictas sean éstas, mayores serán los costos).

COMO REALIZAR UN ESTIMADO DE DESCOMBRAMIENTO:

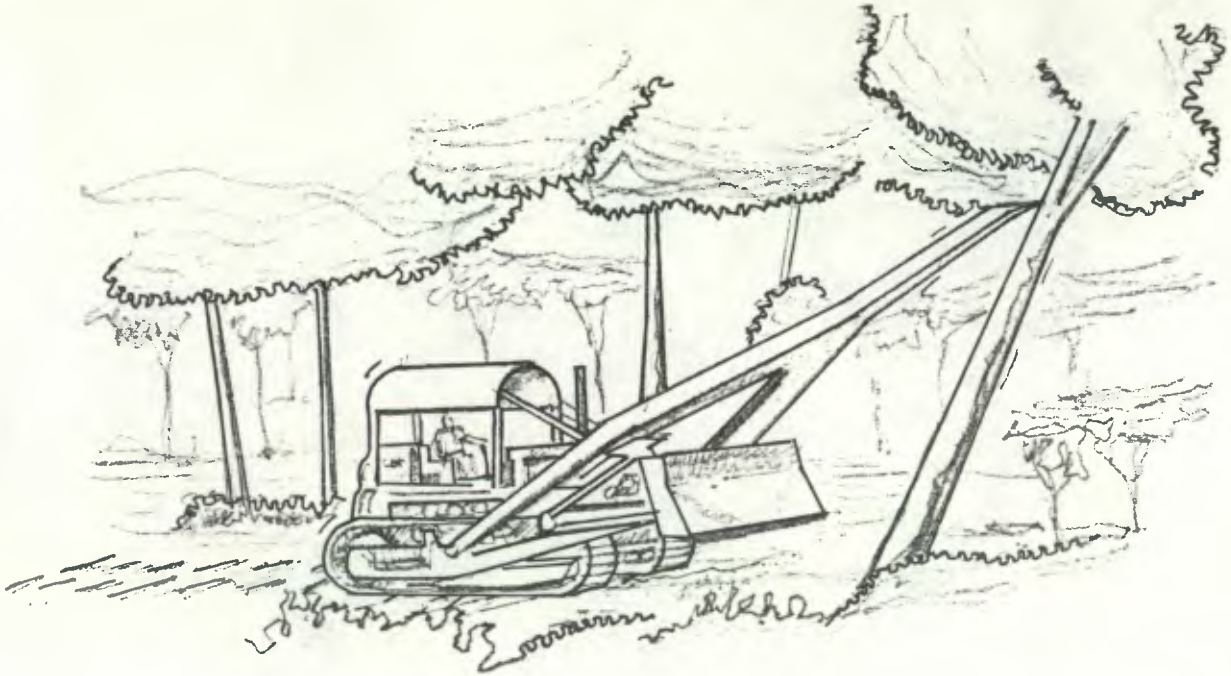
A) Obtener datos relativos a lluvias, temperaturas, empleo final del terreno, especificaciones del trabajo para conocer los grados de dificultad del proyecto.

B) Realizar un levantamiento que incluya datos de topografía general, condiciones del suelo y de las características del lugar que puedan (en general) influir desfavorablemente tales como colinas, formaciones rocosas, pantanos, cauces de agua que puedan exigir métodos especiales.

C) Hallar el número de árboles por hectárea y su tipo.

Esto se hace así: (es un buen método práctico)

Se marcan dos puntos al azar (dentro del área más significativa), que disten entre sí 100 Mts., luego cuente y mida los árboles y arbustos que haya a 5 Mts.



DERRIBO POR PALANCA

de cada lado de la línea principal de 100 Mts. De este modo se encuentra el número de árboles por un décimo de hectárea.

En base a este recuento podemos ver qué tipo de vegetación tenemos, por lo cual ya se puede consultar en la tabla:

A.- Vegetación densa : ..... 1480 árboles o más por hectárea
B.- Vegetación media : ..... 990 a 1480 árboles por hectárea
C.- Vegetación ligera: ..... De 100 a 990 " " " "

E) Maquinaria a utilizarse:

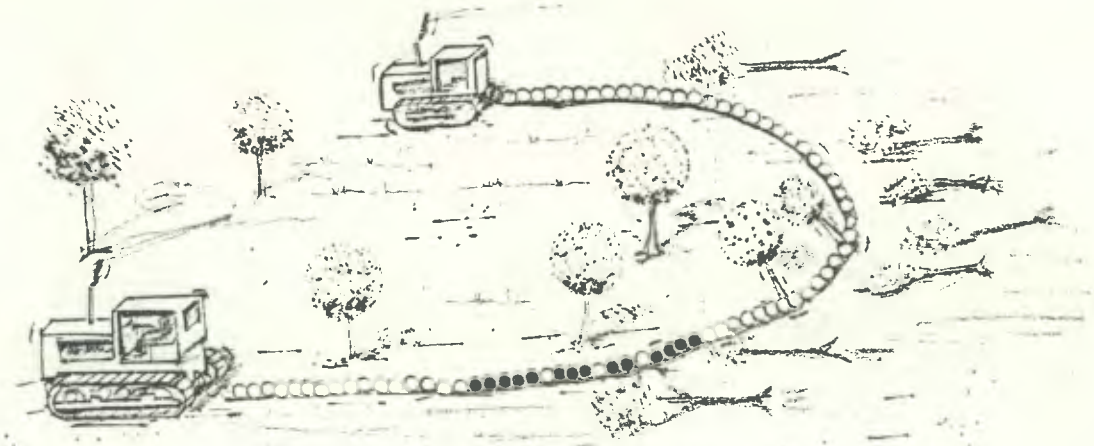
En general, se obtienen costos más bajos de desmonte mediante el uso de tractores grandes (de 200 H.P. en adelante) y se pueden utilizar los tractores para limpieza en general, mientras que para rastrillado y amontonamiento deben utilizarse cargadores.

Para simplificar un poco las explicaciones, colocaré en forma de tabla (ver hoja siguiente) los pasos a seguir en un descombramiento.

DESMONTE VEGETACION LIGERA

AREA	ARRANCADO DE PLANTAS (RAIZ)	CORTE DE LAS PLANTAS	DERRIBO DE VEGETACION
Pequeñas (4 hectáreas)	Hoja empujadora, hachas, piocha.	Hachas, machetes, garfios para matorral.	Hoja topadora
Medias (40 hectáreas)	Hoja topadora	Segadores de rastra, hojas circulares de tractor.	Hoja empujadora
Grandes (400 hectáreas)	Hoja topadora, rastrillo de raíces, arado de raíces.	Segadores de rastra, hojas circulares de tractor.	Cadena de ancla halada por dos tractores cortadores rodantes de maleza.

TABLA # 13



DESCOMBRAMIENTO POR ARRASTRE

DESMONTE VEGETACION MEDIANA

AREA	ARRANCADO DE PLANTAS (RAIZ)	CORTE DE LAS PLANTAS	DERRIBO DE VEGETACION
Pequeñas (4 hectáreas)	Hoja topadora	Hachas, sierras trozadoras, sierras eléctricas de cadena.	Hoja empujadora
Medias (40 hectáreas)	Hoja topadora	Hojas eléctricas de cadena, cizalladoras de árboles.	Hoja empujadora, rodillos cortadores de maleza.
Grandes (400 hectáreas)	Hoja empujadora, rastrillos, cadena halada por dos tractores, arado para raíces.	Cuchilla especial cizalladora de árboles (tipo tijera).	Hoja empujadora y cadenas haladas por tractor.

TABLA # 14

DESMONTE VEGETACION DENSA

AREA	ARRANCADO DE PLANTAS (RAIZ)	CORTE DE LAS PLANTAS	DERRIBO DE VEGETACION
Pequeñas (4 hectáreas)	Hoja topadora	Hachas, sierras trozadoras, sierras eléctricas de cadena.	Hoja topadora
Medias (40 hectáreas)	Hoja especial cizalladora, viga tronchadora, rastrillos, destroncadores.	Hoja cizalladora y sierra eléctrica.	Hoja topadora
Grandes (400 hectáreas)	Hoja especial cizalladora, viga tronchadora, rastrillos, destroncador, cadena halada por dos tractores.	Hoja cizalladora y sierra eléctrica.	Cadena halada por 2 tractores.

TABLA # 15

RENDIMIENTOS EN DESMONTE DE TERRENO PLANO

TRACTOR DE	DENSO M^2/DIA	SEMI DENSO M^2/DIA	LIMPIA Y CHAPEO M^2/DIA
300 H.P.	12,500	18,000	45,000
250 H.P.	10,000	15,000	30,000
200 H.P.	7,500	12,000	20,000

TABLA # 16

Ahora, teniendo los pasos a seguir y los rendimientos, podemos elaborar un cálculo bastante aproximado de cualquier movimiento.

G) Una vez realizada la limpia y chapeo se comienza a marcar (por topografía), los ejes secundarios, cortes y rellenos principales.

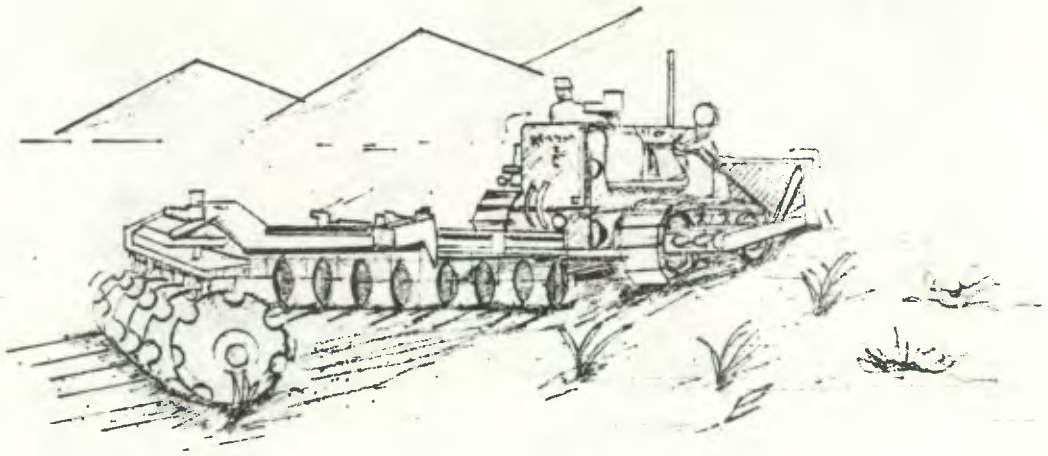
H) Luego se inicia el corte, la carga y el acarreo del material y se continúa hasta que esto se termina.

I) Después se inicia el replanteo general del proyecto.

J) Al terminar el replanteo se hace un tallado y nivelación de calles y terrazas, junto con el replanteo final.

K) Análisis general y evaluación del proyecto (y es hasta este momento donde verdaderamente termina el movimiento de tierras).

Hasta el momento tenemos suficientes elementos de juicio como para hacer esti



USO DE RASTRA PARA DESRAIZAR

mados y conocemos cómo deben de realizarse los trabajos, pero ¿Cómo hacer para encontrar el equipo que pueda rendir mayor provecho para una determinada actividad o proyecto?

Pues bien, ante tal disyuntiva hay diferentes maneras de analizar el problema, pero lo que nosotros trataremos de encontrar es la manera de solucionar el problema en función de la ventaja económica (que en estos casos es la más importante).

Un problema con el que a menudo se encuentra un contratista cuando planea realizar un proyecto de movimiento de tierras determinado es el poder encontrar el equipo más adecuado para realizarlo, pues tiene que considerar que el dinero que se invierte en determinada maquinaria va a ser recuperado (con ganancias) durante la vida útil del mismo; es decir que el contratista no debe de pagar maquinaria, sino que ésta se pague sola y que represente para el propietario una ganancia adicional a la cantidad de dinero que se ha invertido.

En nuestro medio es imposible considerar que un contratista determinado pueda poseer equipos de todo tipo y tamaño que puedan ser utilizados en cualquier trabajo; puede determinar qué tipo de equipo es necesario para la ejecución de cierta obra, pero esta determinación por sí sola no es suficiente para justificar la compra del mismo, pues puede presentarse el caso que el proyecto en consideración no sea lo suficientemente grande como para poder realizar dicho gasto (aunque puede suceder que se calcule obtener cierto equipo para que trabaje en varios proyectos pequeños y de esta manera recuperar la inversión).

Para clarificar un poco los conceptos pondremos un ejemplo:

En un proyecto determinado es necesario transportar 50,000 Mts.^{3} de tierra excedente del sitio de trabajo a un botadero ubicado a 3.5 Kms. del lugar por ca-

rretera o a 1 Km. a campo traviesa. ¿Qué equipo nos resulta más económico utilizar en este caso?

a) La primera posibilidad serían camiones de volteo standard.
Costo de un camión de volteo..... Q. 23,000.00
Costo de recuperación del equipo (o sea el valor con que los garantizan recibir en la agencia vendedora cuando los camiones dejen de servir)..... Q. 16,200.00
Número de camiones necesarios = 3

Entonces:

Costo de 3 camiones.....	Q. 69,000.00 -
Menos valor de recuperación.....	48,600.00
COSTO SOLO TRANSPORTE...	Q. 20,400.00

Costo por Mt.^{3} transportado:

$$\frac{\text{Q. } 20{,}400.00}{50{,}000 \text{ Mt.}^3} = \text{Q. } 0.41 \text{ por Mt.}^3$$

b) La segunda posibilidad serían camiones de volteo para fuera del camino.
Costo de camión de volteo para fuera del camino... Q. 70,000.00
Costo de recuperación del equipo..... Q. 49,700.00
Número de camiones necesarios: 2 (Porque está mas cerca)
Entonces:

Costo de dos camiones.....	Q. 140,000.00 -
Menos valor de recuperación.	99,400.00
COSTO SOLO TRANSPORTE	Q. 40,600.00

Costo por M^3 transportado:

$$\frac{Q.\ 40,600.00}{50,000\ Mts.^3} = Q.\ 0.81 \text{ por } Mt.^3$$

Al observar deducimos que es mejor adquirir los tres camiones de volteo tipo standard porque de esta manera el costo de transporte por M^3 es mucho más bajo.

Hay otros aspectos a consierar en la elección de maquinaria y es que no sólo los aspectos de producción de la máquina en sí deben de mandar, sino que las relaciones que pueda tener un determinado equipo con el resto de la maquinaria que conforma el ciclo de producción.

Ejemplo:

En un movimiento de tierra se ha determinado que el ciclo de operación de los camiones de volteo de 12 $Mts.^3$ es de 2 minutos. ¿Qué tipo de cargador frontal es el más aconsejable?

Vemos entonces en la tabla # 10 que:

A) Cargador de cucharón de 3 M^3 de capacidad carga en 2 minutos..... 13.25 Mts^3
B) Cargador de cucharón de 2 M^3 de capacidad carga en 2 minutos..... 10.00 Mts^3
C) Cargador de cucharón de 4 M^3 de capacidad carga en 2 minutos..... 17.00 Mts^3

Analizamos ahora:

El cargador A cuesta Q. 20.00 la hora

El cargador B cuesta Q. 17.00 la hora

El cargador C cuesta Q. 23.00 la hora

De donde:

1. El cargador B es más barato pero como su capacidad de carga es muy baja, tendría que hacer esperar al convoy de acarreo, lo cual resulta antieconómico.
2. El cargador C no solo es más caro sino que como su capacidad de carga es muy alta tendría que estar mucho tiempo ocioso, situación que también resulta antieconómica.
3. De donde la máquina que más nos conviene utilizar es la "A", ya que su capacidad de carga es suficiente para servir al convoy de acarreo y su tiempo ocioso no es muy alto.

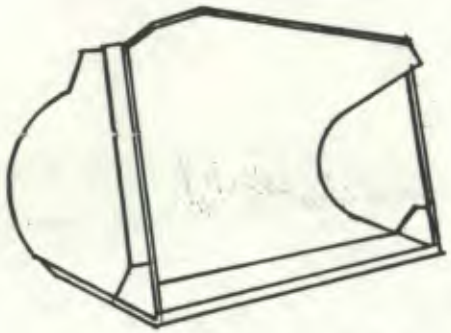
Para tareas especiales a realizarse con maquinaria pesada no es necesario hacer inversiones fuertes (como podría ser la compra de otras máquinas), sino que basta con obtener accesorios de complemento para las máquinas que ya se poseen.

Ejemplo:

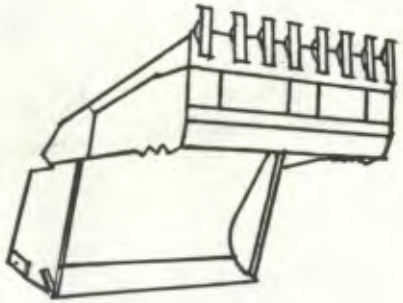
Tenemos que cargar y transportar roca pero el cargador que se posee no puede recogerla (ya está aflojada) y sus neumáticos patinan y se dañan mucho. ¿Qué hacer?

Pues muy sencillo, adquirir para el mismo cargador un cucharon (ya sea de esqueleto o de caja) especial para roca (con el que se puede terminar de aflojar y cargar muy bien) y revestir los neumáticos de cadenas o de tacones de acero (con los que se evitará el desgaste).

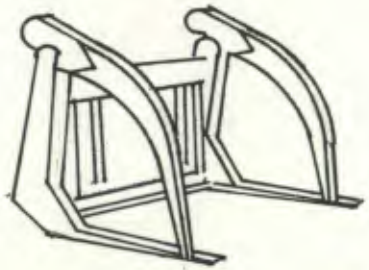
Por razones como las anteriores, es siempre conveniente obtener la mayor cantidad de catálogos posibles relacionados con la maquinaria que se posee, ya que en ellos puede verse claramente (y tener toda esta información a mano para cuando



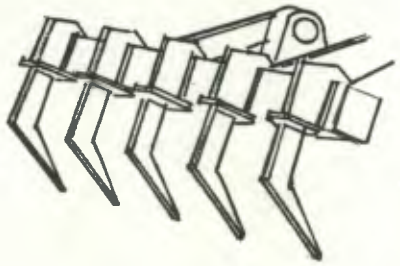
CUCHARON STANDARD



CUCHARON ARTICULADO

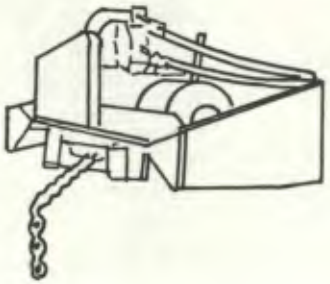


CARGA TRONCOS

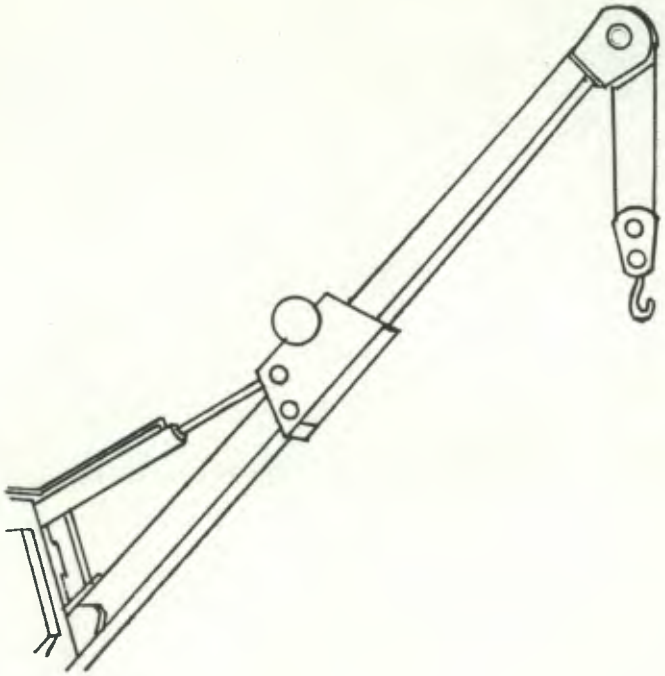


RIPPER

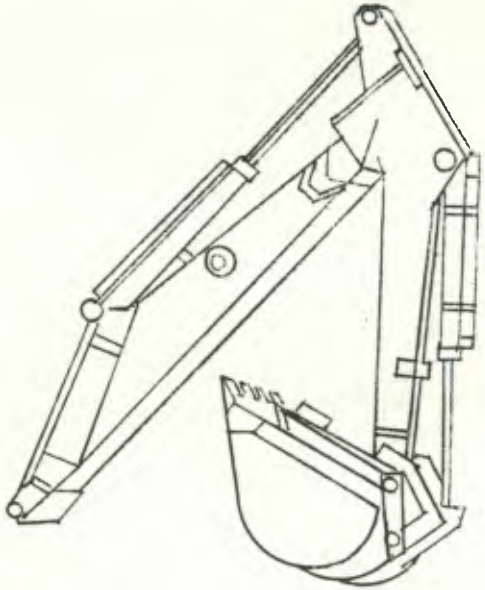
ESCOBA



WINCH



PLUMA



RETROEXCAVADOR

se necesite) los accesorios de complemento que hay adaptables a los equipos.

Hasta el momento hemos visto como se programa el trabajo y se ejecutan labores determinadas con maquinaria pesada, pero..... ¿Cómo hacer para administrarla, ya que debido a sus fuertes costos de operación dejan muy poco margen de errores para no producir cuantiosas pérdidas?

Para poder dar respuesta a todo esto vamos a hacer un análisis de lo que significa posesión y administración de operación de maquinaria.

Comenzando nuestro análisis vemos que hay varios métodos para determinar el costo probable de operación de un equipo, pero ninguno de ellos puede dar costos exactos para todas las condiciones de operación, ya que como son métodos teóricos, sus cálculos no son más que aproximaciones cercanas a los costos reales; inclusive la información que pueda tenerse (sacada por experiencias anteriores) debe utilizarse únicamente como guía, ya que no puede asegurarse que equipos similares puedan tener costos iguales, especialmente si el equipo se utiliza bajo condiciones diferentes de trabajo.

Entre los factores que afectan el costo de posesión y operación de un equipo determinado deben de considerarse: las condiciones en que éste va a trabajar, el número de horas que va a utilizarse anualmente, el número de años que se espera utilizar, el consumo de combustibles, lubricantes, mantenimiento, etc.

Para comenzar nuestro estimado económico analizaremos:

A) La Depreciación:

No es más que el decremento del valor de compra de un equipo determinado debido al uso y al paso del tiempo; hay tres métodos sencillos de determinarlo:

A.1) Método Lineal:

Este es quizás el más sencillo y consiste en determinar primero el tiempo de vida económica del equipo (generalmente se consideran 5 años, pero puede ser menos debido a condiciones muy severas de trabajo), luego de estimar un valor que pueda tener para reventa la máquina y por último con estos datos encontrar la depreciación anual.

Ejemplo:

Calcular el costo por hora de depreciación de un equipo cuyo valor de compra es de Q. 12,000.00. Su valor de reventa se estima en Q. 2,000.00 y se espera que su vida económica sea de 5 años.

Entonces:

		COSTO		REVENTA		
Depreciación total	=	Q. 12,000.00	-	Q. 2,000.00	=	Q. 10,000.00
Costo anual depreciación	=	Q. 10,000.00	÷	5 años	=	Q. 2,000.00
Costo por hora	=	Q. 2,000.00	÷	2,000 horas	=	Q. 1.00

A.2) Método de Balance Declinado:

Consiste en calcular la depreciación en base a una reducción de su valor equivalente a un porcentaje acorde al número de años que se consideren de vida económica del equipo, pero la suma de porcentajes debe de ser igual al 200%

Ejemplo:

Costo total del equipo	=	Q. 10,000.00
Valor estimado de reventa	=	1,000.00
Vida económica estimada	=	5 años.

Porcentaje estimado de depreciación = 100% 5 años = 20%; pero como debe calcularse en base al 200% tenemos: 20% X 2 = 40%

Costo depreciación del primer año: Q. 0.40 X Q. 10,000.00 = Q. 4,000.00

Valor del equipo al comienzo del 2o. año:

Q. 10,000.00 - Q. 4,000.00 = Q. 6,000.00

Costo depreciación al 2o. año = Q. 0.40 X Q. 6,000.00 = Q. 2,400.00, etc.

FIN DEL AÑO	PORCENTAJE DE DEPRECIACION	DEPRECIACION POR AÑO	VALOR CONTABLE
0	0%	Q. 0.00	Q.10,000.00
1	40%	Q. 4,000.00	Q. 6,000.00
2	40%	Q. 2,400.00	Q. 3,600.00
3	40%	Q. 1,440.00	Q. 2,160.00
4	40%	864.00	Q. 1,296.00
5	40%	Q. 518.40 *	Q. 777.60 *
VALOR RECUPERACION		Q. 296.00	Q. 1,000.00

TABLA # 17

* A pesar que contablemente el equipo cueste menos, debe de considerarse siempre como mínimo el valor de renta de la máquina en cuestión.

A.3) Método de la Suma de los Dígitos por Año:

La manera de calcularlo es muy sencilla.

Para una vida económica de 5 años, la suma de sus dígitos será:

$1+2+3+4+5 = 15$, luego si estimamos que el equipo tiene un coesto de adquisición de Q. 10,000.00 y uno de reventa de Q. 1,000.00 vemos que:

Costo total = Q. 10,000.00 -
Recuperación = 1,000.00
Depreciación total = Q. 9,000.00

Costo primer año = Q. 9,000.00 X 5/15 = Q. 3,000.00
y así sucesivamente.

FIN DEL AÑO	FRACCION DE DEPRECIACION	DEPRECIACION TOTAL	DEPRECIACION ANUAL	VALOR CONTABLE
0	0		Q. 0.00	Q. 10,000.00
1	5/15		Q. 3,000.00	Q. 7,000.00
2	4/15		Q. 2,400.00	Q. 4,600.00
3	3/15		Q. 1,800.00	Q. 2,800.00
4	2/15		Q. 1,200.00	Q. 1,600.00
5	1/15	Q. 9,000.00	Q. 600.00	Q. 1,000.00

TABLA # 18

Una vez calculada la depreciación de una máquina determinada, los demás cálculos son muy sencillos de realizar, ya que son fruto de experiencia en el trabajo con maquinaria y se calculan de la siguiente forma:

A) Mantenimiento y Reparaciones:

Se calcula en base al 70% de la depreciación anual de la máquina, o sea que si en ese año se tiene calculado que la depreciación será de Q. 1,000.00, los cos

tos de mantenimiento y reparaciones en el año serán: Q. 1,000.00 X 0.70 =

Q. 700.00

B) Consumo de Combustible:

Ninguna máquina consume todo el tiempo la misma cantidad de combustible, por ejemplo:

Un tractor no gasta lo mismo cuando simplemente camina que cuando está cortando con el ripper y con la cuchilla; es por esta razón que no puede estimarse a cabalidad el consumo, por lo que la manera más sencilla es que se ha comprobado que por lo general cualquier equipo pesado consume 0.04 de galón de diesel por caballo de fuerza que posea la máquina por hora, o sea que un tractor de 230 H.P. consumirá por hora: 230 X 0.04 = 9.2 galones de combustible.

C) Consumo de Lubricantes:

Se estima que por hora cualquier equipo de construcción pesado consume (en costos) un 50% del costo del combustible que durante este período la máquina haya consumido.

Ya con todos estos datos podemos calcular el costo por hora de cualquier tipo de maquinaria pesada.

Ejemplo:

¿Cuál es el costo por hora de un tractor Komatsu D-65 "A" cuyo valor de compra es de Q. 100,000.00?

Entonces:

A) Costo Anual:

A.1) Depreciación = Q. 100,000.00 - Q. 17,000.00 (valor de recuperación)
= Q. 83,000.00
y Q. 83,000.00 ÷ 5 años = Q. 16,600.00 anual.

A.2) Mantenimiento y reparaciones: = Q. 16,600.00 X 0.75 = Q. 12,450.00

A.3) Inversión por Año: (Con 60 meses para pagar se calculan Q. 19,992.00 de pago anual o sea el 20%)

De donde costo anual = Q. 16,600.00 +
12,400.00
19,992.00
Q. 48,992.00

B.) Costo por Hora:

B.1) Q. 48,992.00 ÷ 176 horas/mes X 12 meses = 23.19

B.2) Combustible = 160 H.P. X 0.04 = 6.4 galones por hora X 0.80 = Q. 5.12

B.3) Operador = Q. 2.25 por hora X Q. 1.75 (prestaciones) = Q. 3.94

Entonces: Costo neto por hora = Q. 23.19 +
5.12
3.94
Q. 32.25

Y exactamente lo mismo es para cualquier otra máquina a la que se desee calcularle el precio.

LUGAR DE TRABAJO: _____ PERIODO: DE _____ A _____
EMPRESA: _____ JEFE o PROPIETARIO: _____
MAQUINA _____ SERIE _____ MARCA _____
PROPIEDAD DE _____
OPERADOR _____ SUELDO HORA _____

FECHA	HORAS MAQUINA	HORAS OPERADAS	FIRMA DIARIA

V° B°

F. JEFE MAQUINARIA

F. JEFE DEL PROYECTO

"Cuadro que debe llevarse cuando se es arrendante de maquinaria de construcción y que deberá ser presentado al arrendatario para su cobro".

CUADRO DE CONTROL PARA MAQUINARIA ARRENDADA

Hoja No _____

ARRENDANTE _____

OPERADOR _____

PROYECTO _____

CLASE DE MAQUINARIA	Modelo	Fecha	HORA RELOJ		Dif Horas	Tot Horas Trabajadas	Consumo Combust	COSTO Q HORA	COSTO TOTAL Q	OBSERVACIONES
			Entrada	Salida						

Fecha _____

_____
Chequo de Maquinaria en el Proyecto

Vo Bo _____

_____
Representante

"Cuadro que debe de llevarse cuando se es arrendatario de equipo pesado de contrucción y el que deberá de ser presentado por el arrendante para poder efectuar su cobro".

Este tipo de cálculos se realiza para encontrar los costos directos para el propietario, por lo que debe de entenderse claramente que realizar un trabajo en donde los precios por hora de la máquina estén por debajo de este costo ya significa una pérdida para el propietario.

Existe además la opción de dar en arrendamiento el equipo cuando no se tenga trabajo para él, por lo que al costo por hora que se calculó se le debe de agregar un porcentaje por utilidad.

En caso de dar en alquiler, debe de realizarse un contrato en el que claramente puedan exponerse las condiciones de trabajo, mantenimiento y pago; y a la vez de llevarse un control estricto del equipo en el sitio de trabajo, tanto de operación como de tiempo (para lo cual debe de llenarse un formulario como el adjunto).

Tanto el Arquitecto como cualquier contratista de equipos de construcción pesados se ven con facilidad ante la disyuntiva de adquirir un equipo o rentarlo; y ante tal disyuntiva debe de considerarse que bajo ciertas condiciones suele ser más ventajoso (económicamente hablando) adquirirlo que alquilarlo y viceversa, por lo que con las enumeraciones siguientes espero pueda aportar mayores elementos para tomar una decisión.

Hay tres maneras de adquirir equipo:

A) Comprarlo

B) Rentarlo

C) Rentarlo con opción a compra

La manera a seleccionarse debe ser aquella que pueda proveer el uso del equipo al costo total más bajo. Cada manera tiene sus ventajas y sus desventajas que deben ser consideradas antes de tomar una decisión. Si es el costo únicamente el

que ha de considerarse, un análisis de cada manera será la que nos dé el determinante económico, pero si existen otras variables (como disponibilidad por ejemplo), éstas deben de ser aplicadas a los costos base para alcanzar una decisión. Es importante considerar que si para determinada entidad una solución específica fue satisfactoria, no necesariamente debe de serlo para nosotros.

Para tomar este tipo de decisiones debe de considerarse como una regla general que suele ser más económico el comprar maquinaria de uso frecuente, mientras que para la de uso especial puede ser mejor rentarla.

La compra de equipo suele tener ciertas ventajas respecto a rentarlo, por ejemplo:

A) Es más económico si el equipo se usa suficiente.
B) La disponibilidad cuando se requiere
C) La propiedad asegura mejores cuidados y mantenimiento, razón que asegura una mayor productividad.

Pero también tiene sus desventajas, y entre ellas:

A) Puede ser menos económico, si se usa poco
B) La compra de equipo requiere de una gran inversión que podría utilizarse para otras cosas.
C) La propiedad del equipo puede forzar al propietario a seguir utilizando equipo obsoleto ante equipos más modernos y eficientes.
D) La propiedad de un equipo en especial que está diseñado para trabajos determinados, puede inducir a seguir realizando este tipo de labor únicamente, haciendo a un lado otros campos de trabajo.
E) La propiedad de equipo puede inducir a continuarlo usando más allá de su vida económica, aumentando innecesariamente sus costos de producción.

Por ejemplo: Consideremos el uso de un vibrocompactador cuyo costo de compra fue de Q. 30,500.00, asumimos que va a depreciarse en 5 años, y su tiempo de trabajo será de 2,000 horas anuales; tendrá un valor de recuperación estimado en Q. Q. 3,000.00. Entonces, calculando su costo (como vimos con anterioridad) puede apreciarse que será de Q. 7.92 la hora (costo directo) si se posee en propiedad; pero ¿qué sucede si lo tomamos en arrendamiento?

Tras consultar con varias compañías, vemos que las condiciones de arrendamiento son las siguientes:

175 horas mínimas por mes a Q. 15.15
o sea Q. 2,651.00 por mes sin
combustibles ni lubricantes.
Ahora, si a esto le añadimos estos costos la hora real costará
Q. 17.47

Entonces, vemos que si el tampo se va a utilizar 2,000 horas por año, es más barato adquirirlo que rentarlo, pero si el equipo se utiliza menos tiempo el costo por hora variará inversamente con el número de horas que se utilizará por año.

Lo único que nos resta considerar es que para que la utilización de un equipo resulte adecuada deben de hacerse análisis de costos por lo menos una vez al mes, ya que así es la única manera de detectar sobre costos, los cuales una vez detectados pueden ser analizados para poderlos corregir, o de lo contrario detalles como éstos pueden llegar a generar (tanto por mala administración como por mal control) la ruina económica de un proyecto.

CONSIDERACIONES PARA DISEÑAR:

Hasta ahora hemos considerado lo que representa el uso del equipo, pero lo más importante para la realización económica de un proyecto incide en el diseño, adaptación y trabajabilidad del mismo, ya que nada sirve la ejecución del proyecto bajo sus mejores índices económicos de operación, si los costos de operación son muy altos debido a complicaciones generadas por fallos en el diseño, por esta razón es que comenzaremos haciendo un análisis somero de las soluciones de diseño y luego haremos algunas recomendaciones a considerar cuando se diseña en base a la operación (o posibilidades de operación) para un equipo pesado.

Es de primordial importancia hacer hincapié en que tanto el éxito funcional como económico de un proyecto depende básicamente de la adaptación del diseño al terreno, es decir que según sean las características topográficas, así serán las soluciones de diseño y no como suele hacerse en muchos casos; para lograr soluciones de gabinete muy sencillas se adecúan las condiciones originales del terreno a la solución.

Políticas de diseño de esta naturaleza son nefastas desde el punto de vista económico, ya que para su ejecución es necesario un derroche exagerado de tiempo, dinero y recursos en general.

La manera más económica de realizar un proyecto de movimiento de tierras es por regla general aquel donde se respeta en mayor grado la condición original del terreno, es decir que se trata de obtener un diseño casi geométrico, ya que de esta manera se logran realizaciones constructivas con el mínimo de esfuerzo y trabajo.

En la actualidad en nuestro país la inadaptación de los diseños a las condiciones del terreno obedecen a muchos principios y entre ellos están:

A) Errores por Falta de Conocimiento:

Es decir que no se adecúan bien las soluciones por carecer de conocimientos topográficos sólidos y esto obedece a dos motivos principales:

1) Realización del diseño "a control remoto" es decir sin conocer el sitio plenamente o sin molestarse de hacer un replanteo para verificar la calidad de la información topográfica con que se cuenta.

2) Realización del diseño "a ciegas" o sea que a pesar de conocerse el lugar y contar con suficiente información se carece de conocimientos suficientes para interpretarlos.

B) Errores de Concepto:

Estos suelen ser los más comunes y son de diversa naturaleza, y entre ellos están:

1) Por "préstamo de ideas". Estos suelen ser originados al tratar de tomar prestadas soluciones que se han dado en otros lugares y que al diseñador le parecen agradables o dignas de ser emuladas, pero que por carecer cada solución de características idénticas al tratar de adecuarlas se incurre en sobrecostos.

2) Por subjetividad; es decir concebir una solución basada exclusivamente en el criterio del diseñador sin considerar otros aspectos, por ejemplo: realizar el diseño obedeciendo a que es una "bonita" solución.

C) Errores por Omisión:

Son todos aquellos que dentro de las soluciones se olvidaron de hacer consideraciones importantes, por ejemplo: realizar un movimiento de tierras sobre el lecho de una laguneta de invierno sin considerar una manera de desviar sus afluentes de temporada.

D) Errores de Investigación:

Es cuando además de no tener la suficiente información se procede a diseñar, simplemente asumiendo datos. Esto puede resultar nefasto, por ejemplo: existen dos cerros cercanos; el "A" y el "B"; en el "A" se han realizado viviendas y ahora quieren hacerse en el "B", para lo cual se asumen los costos y se considera que los del "B" serán similares a los del "A"; pero a la hora de comenzar los trabajos, se descubre que el "B" tiene un lecho rocoso mientras que el "A" lo tenía arcilloso, entonces se llega a saber que las plataformas que estaban diseñadas para el suelo arcilloso (y que para tal eran económicas) ahora para el suelo rocoso son demasiado caras.

En esta situación debió de haberse diseñado plataformas con el mínimo de corte o (si esto fuera posible) hacer solamente cortes y movimiento de tierras en las calles, mientras que en los lotes sólo se cortará aquellos macizos rocosos que pudieran ser impedimento para la libre construcción.

Como puede observarse, todos los errores de diseño obedecen a razones muy sencillas y casi todas del orden de ignorancia, inexperiencia, decidia y temeridad especulativa.

Como vimos con anterioridad, si se adapta una solución al terreno se obtienen enormes beneficios tanto económicos como estéticos y funcionales, por ejemplo: En un terreno "A" se nos pide diseñar una pequeña urbanización residencial, y para comenzar a trabajar se nos entrega un plano sacado con anterioridad que nos presenta curvas de nivel sacadas a cada metro.

Para poder comenzar nuestro diseño debemos ir primero a conocer el lugar y realizar un cuidadoso inventario del mismo (ver si tiene árboles, el tipo de subsuelo, si corren vías de agua peremnes o de estación, los posibles accesos y sitios de posible botadero), luego realizar un cuidadoso replanteo de los datos topográfi-

cos existentes para evitar incongruencias entre el diseño y las características del terreno.

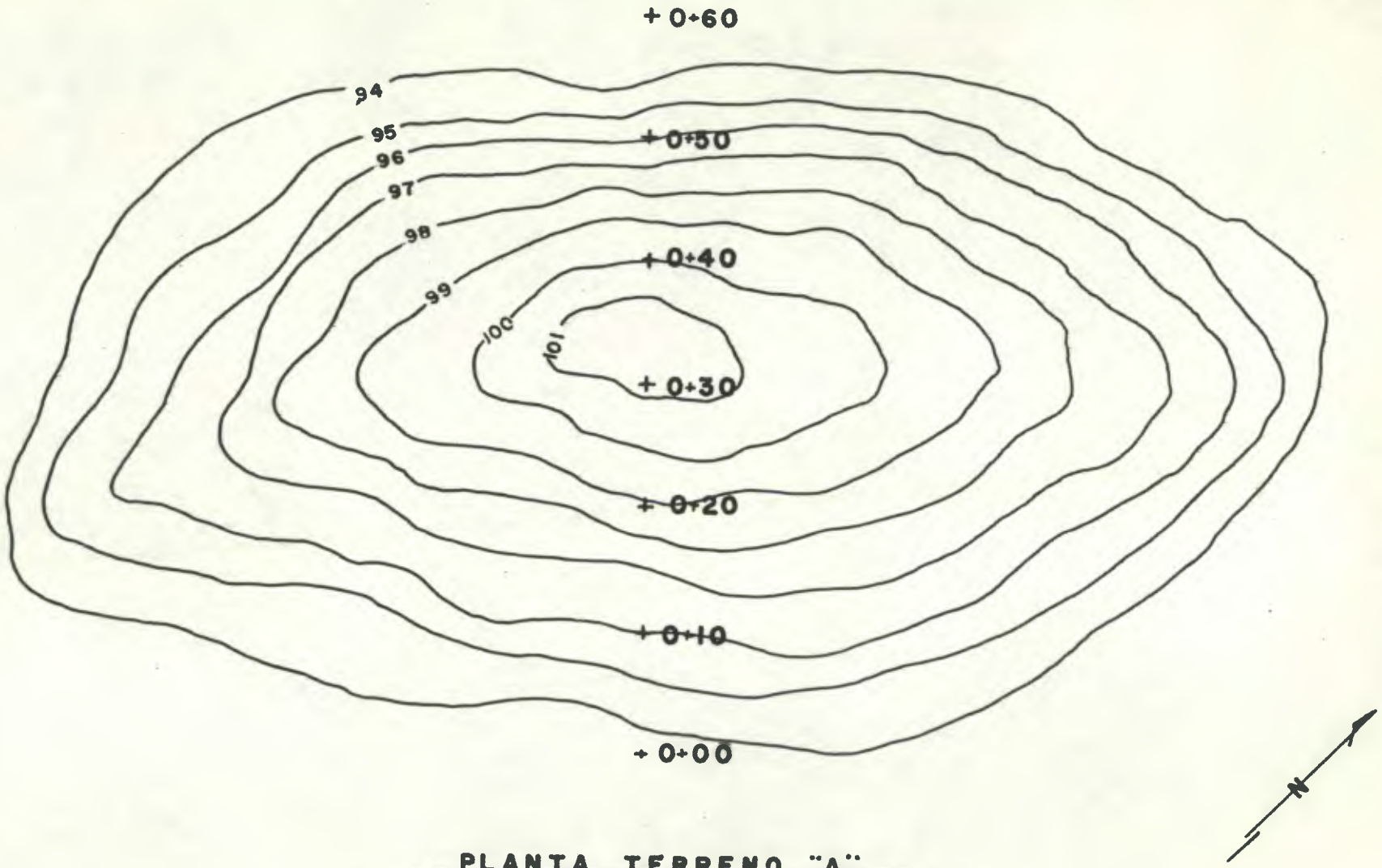
Una vez corroborados dichos datos, debe de procederse a realizar un dibujo topográfico adecuado (es decir a una escala apropiada y con suficientes secciones tanto laterales como transversales) para poder obtener una comprensión global del problema.

Una vez realizado todo el trabajo anterior estamos listos para iniciar la etapa de diseño propiamente dicha. Es importante recordar que el diseño debe de adaptarse lo más posible al terreno porque de esta manera las soluciones son más económicas en todo sentido y esto obedece a un principio muy sencillo: La naturaleza durante miles de años ha dado forma a los terrenos y esta forma es meramente utilitaria o sea que las curvas, pendientes, zanjones, etc. existen debido a que son un sistema natural logrado para drenaje pluvial, los árboles y las plantas entre otras cosas estabilizan los terrenos, los promontorios y acumulaciones naturales de material protegen de los vientos, etc.; de donde mientras más modificaciones se hagan a los terrenos, mayores serán las inversiones necesarias para suplir todas estas "instalaciones" naturales.

Cuando se comienza a diseñar debe de hacerse en base a los parámetros establecidos previamente para evitar salirse de dichas condicionantes (ya que a última hora serán quienes nos ayuden a dictaminar cual de las soluciones de diseño es la más apropiada).

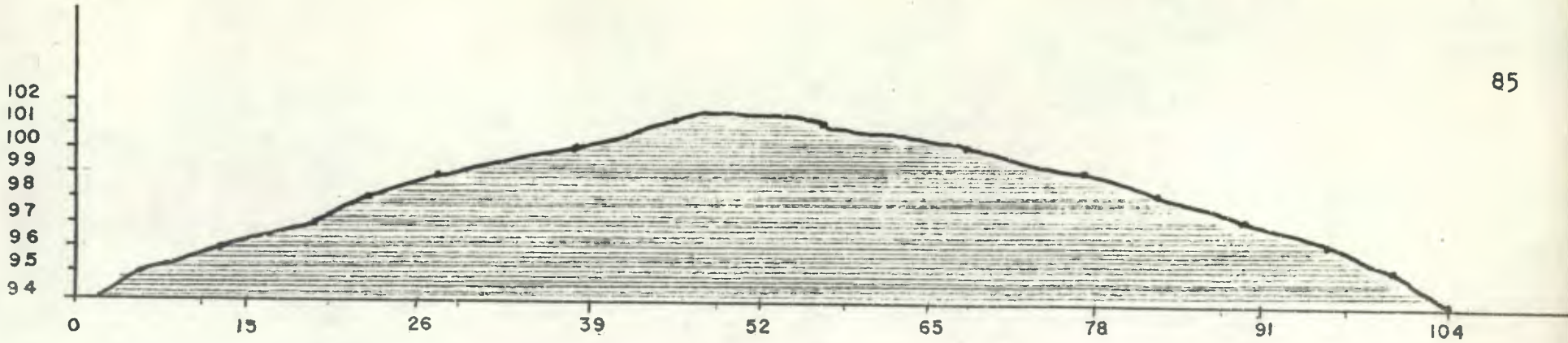
Cuando se ha entrado de lleno a la etapa de diseño deben de considerarse por separado cuando menos dos soluciones para poder elegir entre ellas o tomar aspectos de las dos para elaborar una tercera.

Para poder clarificar todo esto vamos a realizar estas consideraciones con el terreno "A" que antes mencionamos.



PLANTA TERRENO "A"

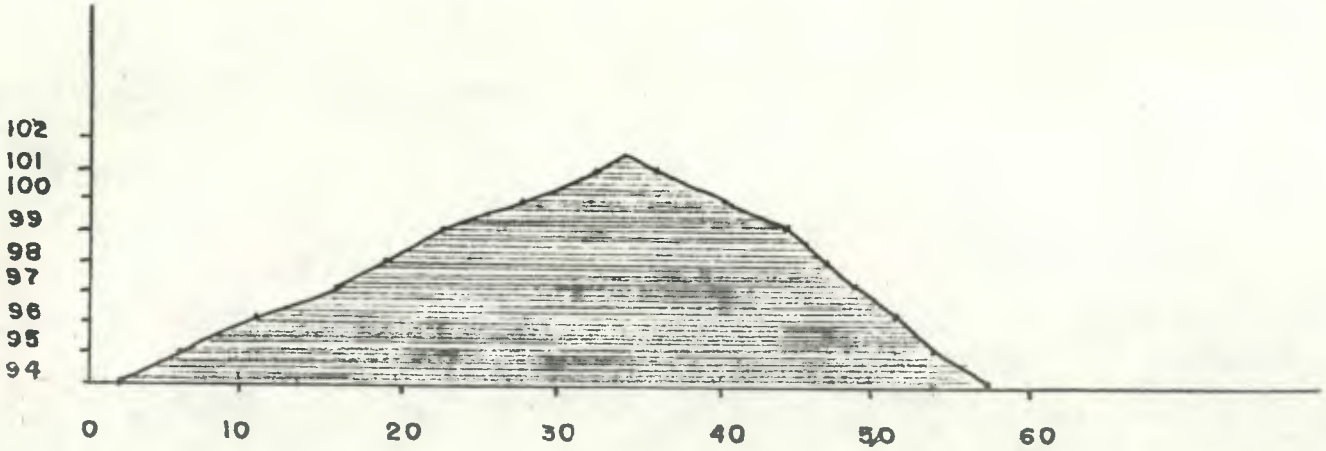
escala 1:500



SECCION LONGITUDINAL

escala vertical 1:250

escala horizontal 1:500



SECCION TRANSVERSAL

escala vertical 1:250

escala horizontal 1:500

TERRENO "A"

Veamos primero una solución mal adaptada y sus consecuencias.
Ante la solución presentada en el esquema podemos considerar que es apropiada pero para otro tipo de terreno y es el prototipo de los diseños que se realizan sin un análisis cuidadoso del lugar. Como es fácil de apreciar tal parece que se consideró el terreno como plano, pero que según se muestra en las curvas de nivel, éste dista mucho de serlo con todas sus funestas consecuencias económicas.

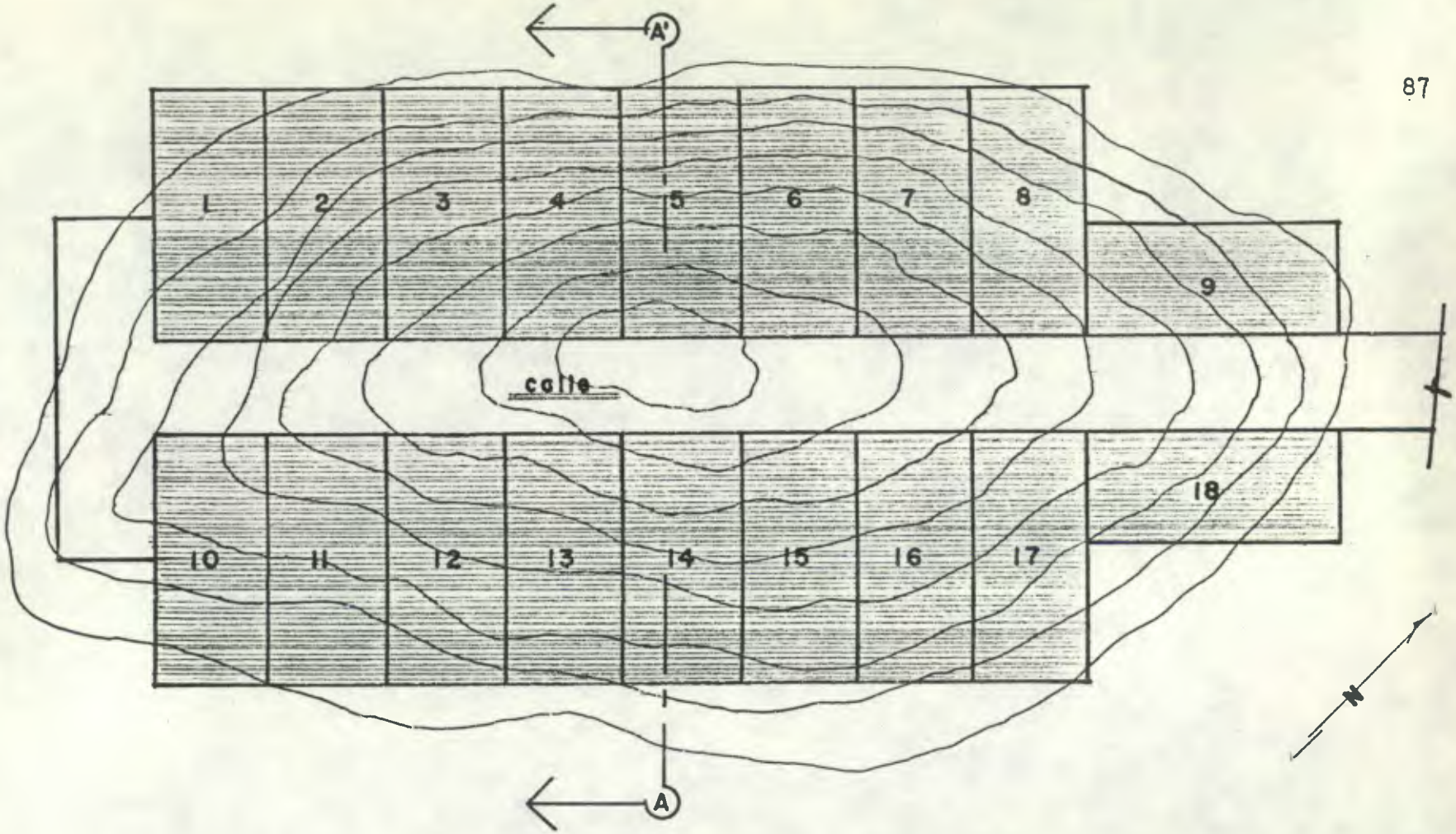
Ahora, si consideramos que para llenar exigencias municipales todas las aguas negras y pluviales deben de ingerirse a un colector situado al centro de la calle, entonces ¿cómo hacer que esto sea posible si la calle se encuentra a un nivel superior con respecto a los terrenos? Ante tal disyuntiva pueden presentarse diversas soluciones, pero nosotros vamos a analizar dos únicamente.

En la posibilidad de solución No. 1 es necesaria una gran cantidad de material para relleno y considerar después del límite del lote un muro de contención o un talud muy grande (situación que es claramente antieconómica)

En la posibilidad de solución No. 2 es necesario realizar corte y relleno proporcionales (que suele ser económicamente más ventajoso), la cantidad de relleno es menor y por ende el muro de contensión o el talud, pero sigue siendo también una solución antieconómica.

Por estas razones es que debemos de considerar una nueva solución de diseño que implique una mejor adaptación al terreno.

Veamos entonces una solución mejor adaptada y los beneficios que de ella pueden lograrse. Si analizamos el esquema adjunto podemos observar que el criterio prevalecido (tras un análisis más cuidadoso del lugar) fue el de respetar en lo posible las condiciones topográficas del terreno, esta resolución conlleva una serie de beneficios tanto económicos como físico-funcionales, los cuales pueden contemplarse así:

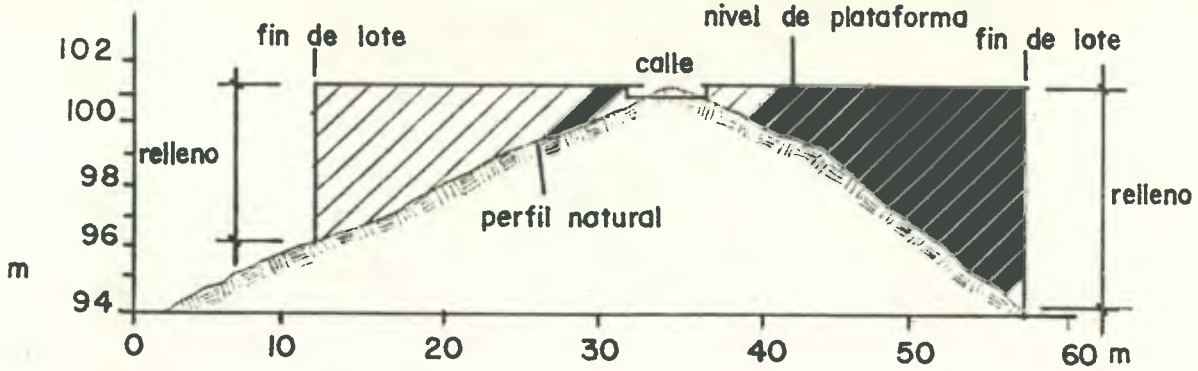


PLANTA SOLUCION MAL ADAPTADA AL TERRENO

escala 1:500

TERRENO "A"

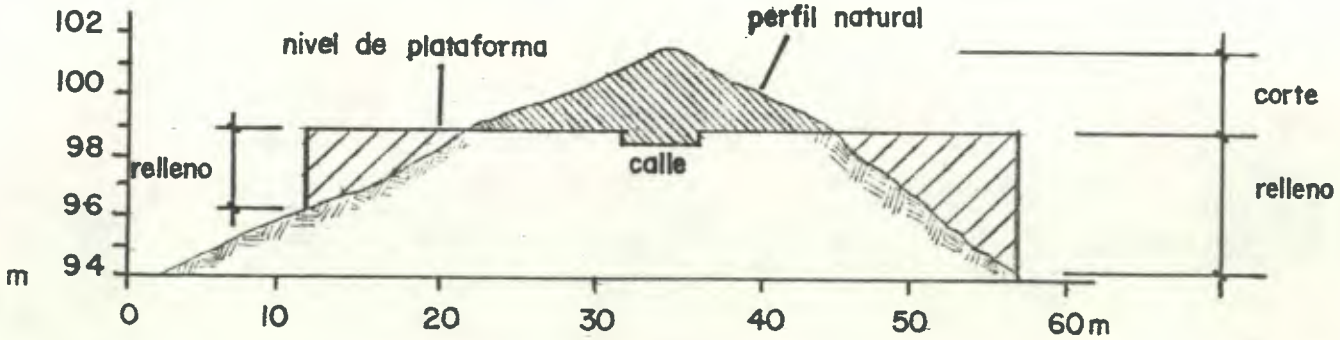
SOLUCIONES QUE DEBEN ADAPTARSE PARA QUE LOS DRENAJES LLEGUEN AL COLECTOR SITUADO AL CENTRO DE LA CALLE



CORTE A-A'

DE SOLUCION MAL ADAPTADA AL TERRENO
POSIBILIDAD DE SOLUCION N° 1

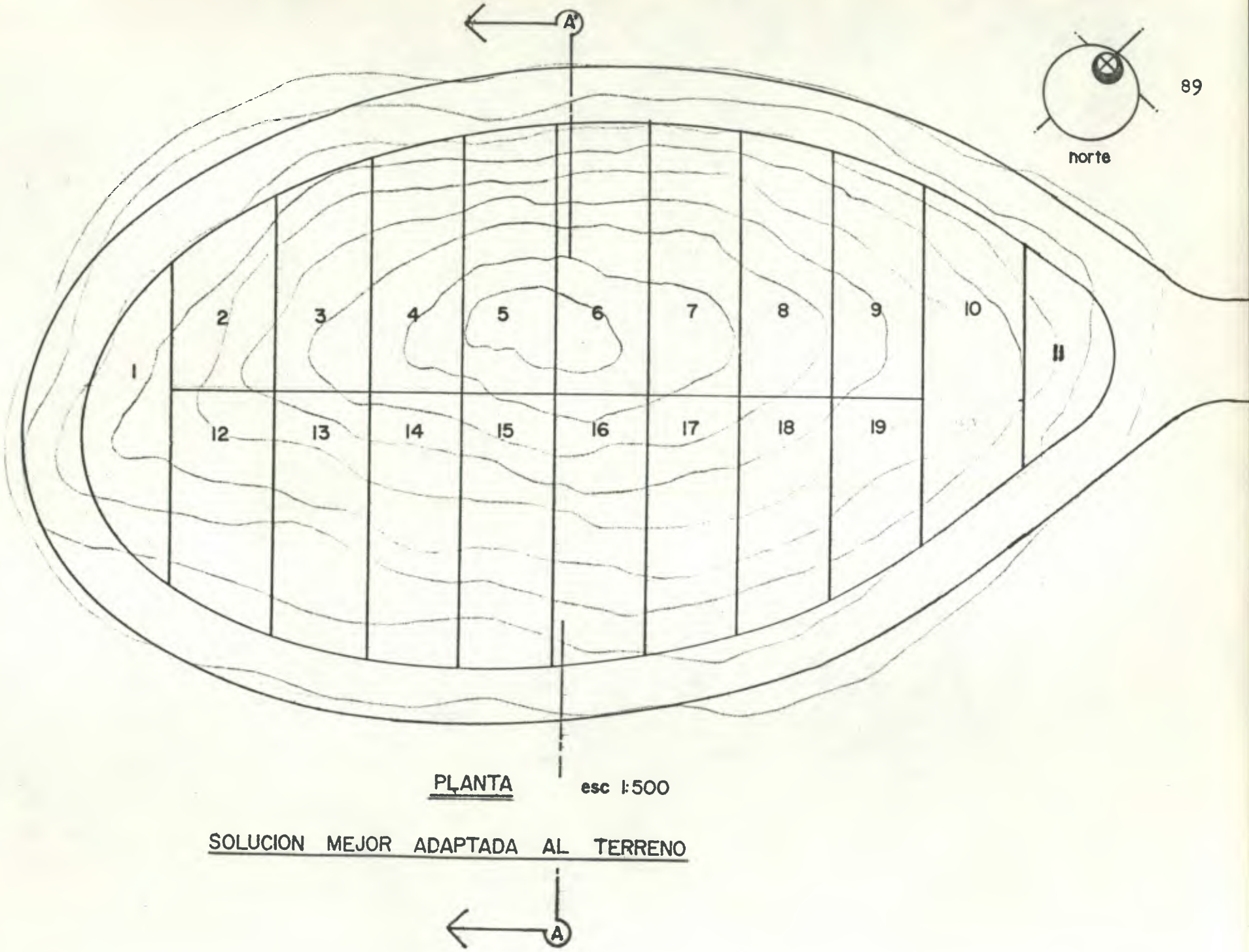
esc. vert. 1:250
" horz. 1:500



CORTE A-A'

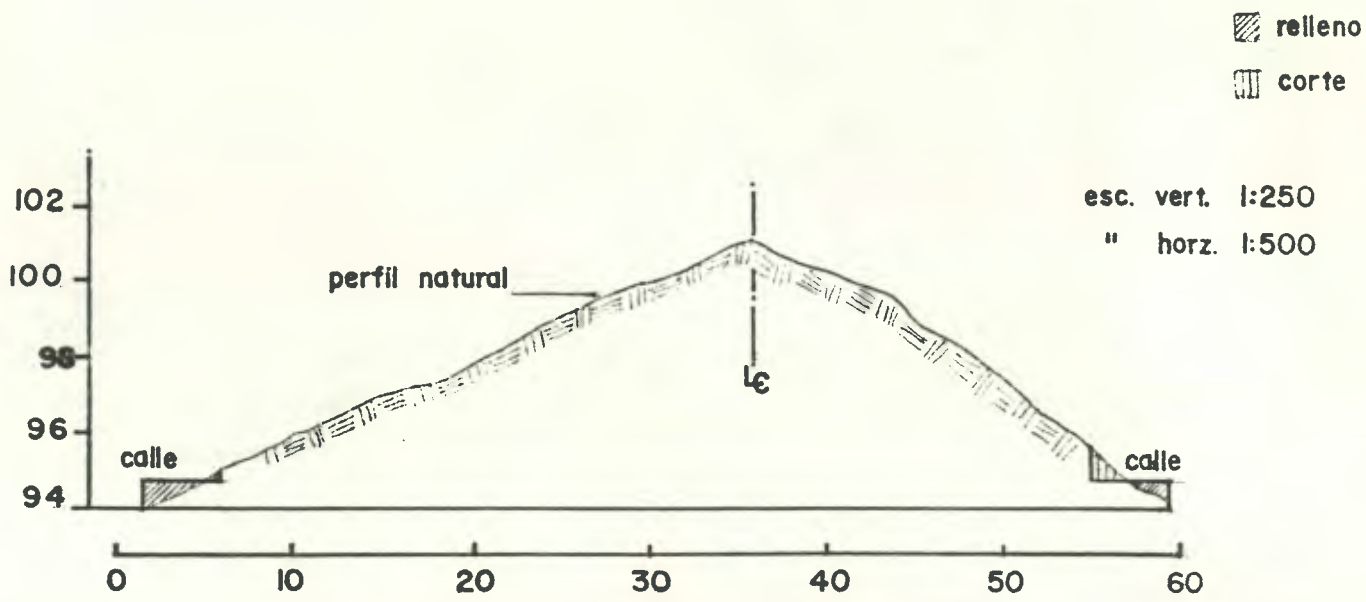
esc. vert. 1:250
" horz. 1:500

DE SOLUCION MAL ADAPTADA AL TERRENO
POSIBILIDAD DE SOLUCION N° 2



PLANTA esc 1:500

SOLUCION MEJOR ADAPTADA AL TERRENO



CORTE A—A

DE SOLUCION MEJOR ADAPTADA AL TERRENO.

ESTA PROPUESTA PUEDE DEJARSE SIN CORTES Y HACER VIVIEDAS ESCALONADAS.

A) Económicos:

La solución morfológicamente adaptada permite realizar los trabajos con mucho menor esfuerzo y equipo (es decir que mientras menos modificaciones se haga al terreno natural, menos cortes y rellenos serán necesarios). Puede utilizarse más racionalmente el equipo (o sea permite utilizar el equipo apropiado en el sitio apropiado con tiempos (ciclos) de producción optimizados), lo que reduce el tiempo total de ejecución y con ello las cargas administrativas (situaciones que influyen directamente en el costo de la obra).

B) Físico Funcionales:

La solución morfológicamente adaptada conlleva además una serie de ventajas (gracias a las características físicas del terreno) como son el no tener que modificar ciertas pendientes para el drenaje adecuado del agua de lluvia, no tener que realizar estabilizaciones de terrenos, taludes, etc.

C) Estéticos:

La solución bien lograda se integra más fácilmente a la visual de conjunto y no hace aparecerla como incrustada violentamente en el lugar sino todo lo contrario, le da una característica de adaptación muy particular.
Además, esta solución no presenta problema alguno por la ingerencia de los drenajes al colector.

Para cualquier persona que diseñe en sitios donde habrá de trabajar maquinaria es esencial (si se desea optimizar rendimientos y costos) el considerar las condiciones que puedan rendir mayor beneficio pero en función del equipo que habrá de trabajar en el lugar.

Para comprender mejor este principio haré mención de un ejemplo cuyas carac-

terísticas son:

A) Terreno de pendiente (aproximada y bastante regular) del 5% situado en la ladera de una colina con una extensión de 24 manzanas.

B) El subsuelo de materia arcillosa superficial y arenosa a una profundidad de 1.00 M.

C) La región en la cual está ubicado es poco lluviosa.

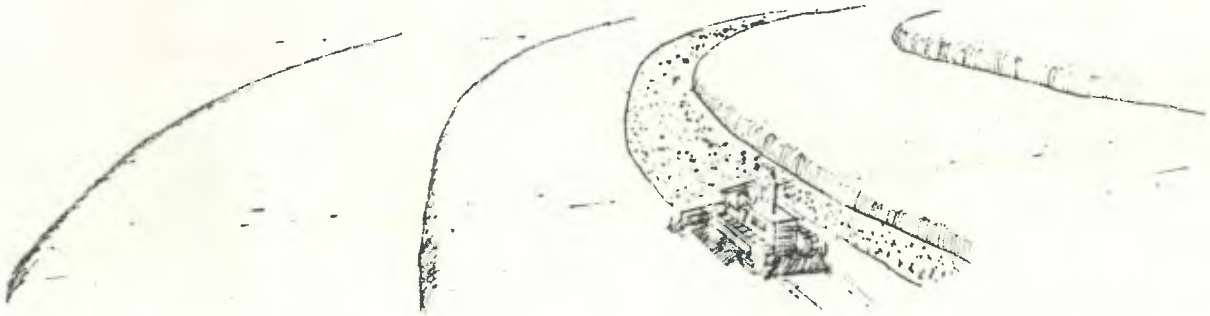
D) Se desea realizar una urbanización residencial.

Por tratarse de un modelo teórico obviaremos algunos aspectos que a pesar de ser importantes para cualquier situación real, no lo son para la comprensión del ejemplo, por eso partimos de la base que se posee ya una buena información topográfica y acto seguido comenzamos a hacer consideraciones de diseño.

Primero tratamos de determinar cuál será la manera que pueda sacársele mayor ventaja al terreno con menor movimiento de tierras y vemos que la mejor manera de lograrlo es apegándose a la forma de la ladera y esto se logra más fácilmente con un sistema de terraceado paralelo. (El sistema es muy sencillo y consiste en apegarse estrictamente a las curvas del nivel más significativas y seguir en lo posible su contorno para que éste nos determine terrazas escalonadas paralelamente siguiendo el ancho de cada una el sentido de la pendiente en el caso de una ladera).

Para poder comenzar el trazo de las terrazas es necesario elegir una terraza "base" a partir de la cual se habrán de ajustar (ya que son paralelas) las otras terrazas (pero que conste que el ajuste no debe de ser exactamente paralelo sino que éste debe de adaptarse lo más posible al terreno y luego a su tendencia paralela).

Después (y en base a los requerimientos específicos del proyecto) deben de determinarse las terrazas y separación horizontal entre ellas de una manera pro-



TERRACEADO SEGUN

CURVAS DE NIVEL

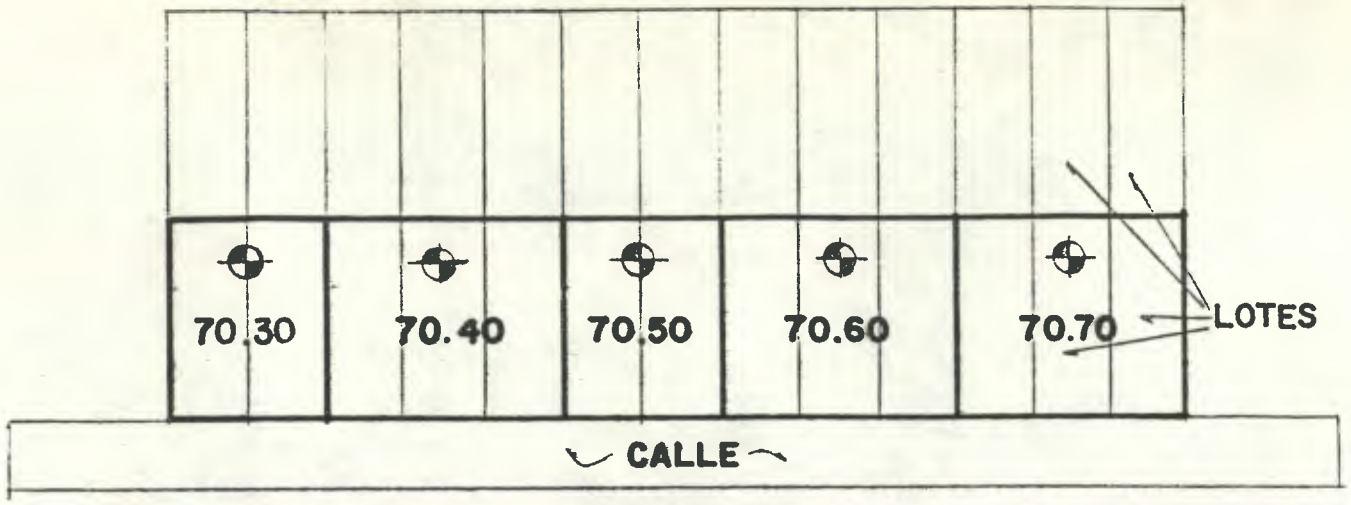
visional.

Cuando ya se posee un diseño tentativo es cuando deben de comenzarse las consideraciones sobre el uso del equipo, es decir cuál solución pueda ser más sencilla de trabajar y a un costo menor.

La manera más sencilla de iniciar estas consideraciones es verificar las longitudes promedio de las terrazas (ya que a mayor longitud de tramos mayor facilidad de trabajo y mayor producción), pues esto nos dará la pauta del equipo a utilizar.

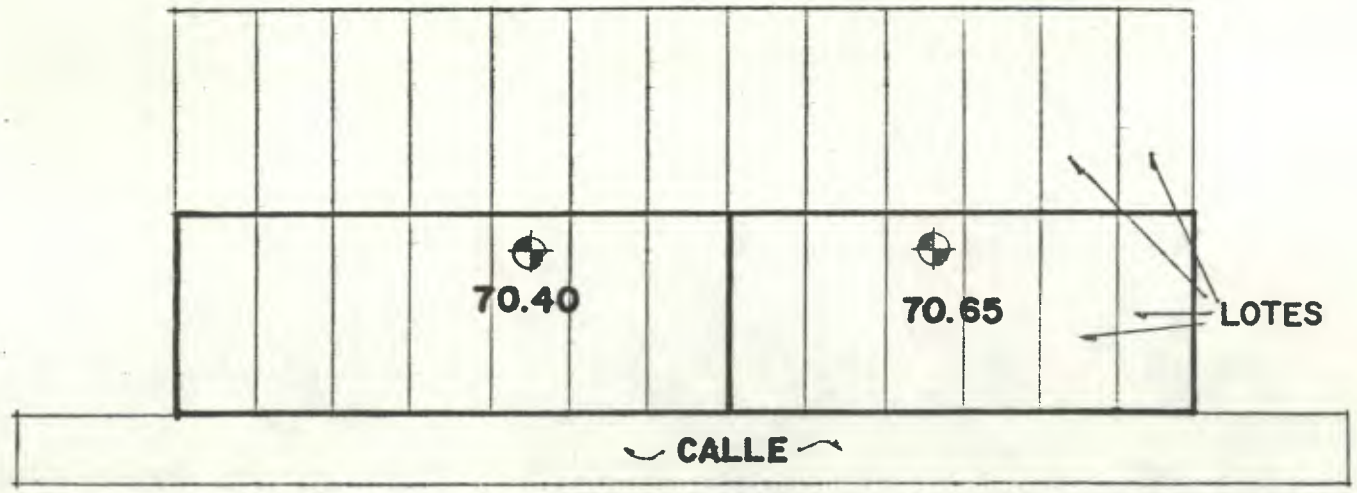
En el caso específico del terraceado paralelo existe la gran ventaja que provee longitudes regulares de trabajo y esto permite el uso de tractores grandes para hacer el movimiento en bruto. Según pudimos constatar con anterioridad, la productividad de un tractor de más de 180 H. P. es muy alta, situación que contribuye entre otras cosas a reducir el tiempo de operación y por ende los gastos administrativos. Una vez realizada la consideración de espacio de trabajo, vemos las condiciones del suelo y subsuelo (los que también son importantes); por situación especial del ejemplo vemos que en general la estructura del suelo no contiene estratos de material duro y difícil de trabajar, situación que nos permite utilizar maquinaria (específicamente tractores de menos de 190 H. P. para ciertos trabajos).

Por el contrario, si el subsuelo fuese por ejemplo roca, la maquinaria a utilizarse tendría que ser de gran capacidad para poder realizar el corte (por no hacer consideraciones de este tipo se presentan a menudo casos de calles peatonales en especial que los gabaritos son tan pequeños que no permiten trabajar a la maquinaria adecuada y debido a la dureza del material a cortar deben de realizarse los cortes a costos muy altos). Hasta el momento sabemos los tamaños aproximados del equipo a utilizarse y tenemos un diseño tentativo de lotes, entonces lo único que nos resta es imaginarnos cómo tendría la maquinaria que trabajar para ver si la solución tentativa es adecuada o si se tienen que realizar algunos cambios.



SOLUCION "A"

IMPLICA CINCO TERRAZAS CON DIFERENTES NIVELES MINIMOS LO QUE REDUNDA EN MAYOR CANTIDAD DE TRABAJO DEL EQUIPO



SOLUCION "B"

IMPLICA DOS TERRAZAS, LO QUE SIMPLIFICA EL TRABAJO, AUMENTA LOS RENDIMIENTOS Y REDUCE EL TIEMPO DE OPERACION

ILUSTRACION N° 1

Como consejo aparte deben de eliminarse los aspectos difíciles o conflictivos para trabajarse y debe de ser norma general la simplicidad de las soluciones de diseño (por ejemplo véase la ilustración No. 1).

Veamos entonces cómo podrían trabajarse los lotes de la ilustración No. 1 (la que suponemos como solución tentativa).

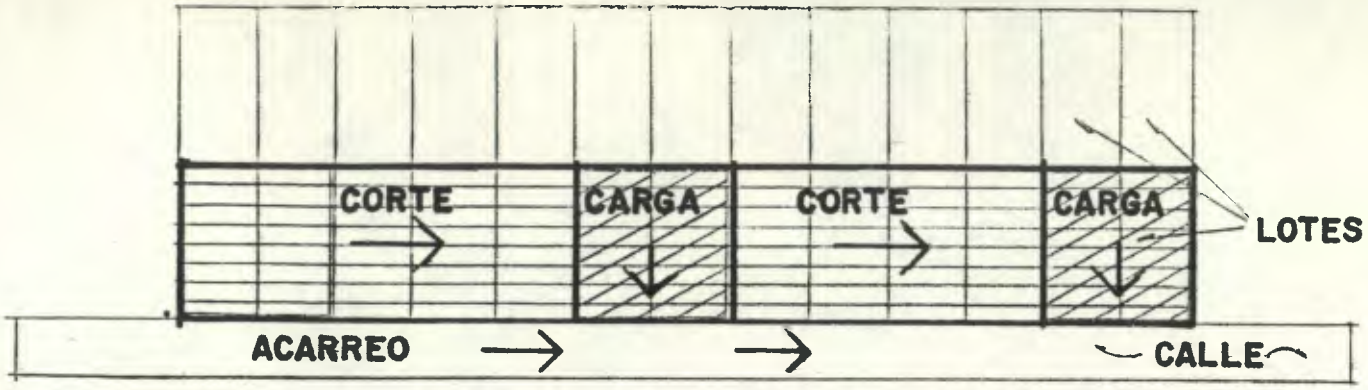
En la ilustración No. 2 está desarrollado un plan de trabajo del equipo y como puede observarse la solución de diseño tentativa es bastante adecuada para trabajarse y por ende resulta económica y rápida, situación que nos hace deducir que es correcta; claro está que pueden existir soluciones mejores pero por tratarse de un ejemplo ya no buscaremos más pues el objetivo explicativo está cubierto.

Es importante hacer notar que la maquinaria ha de estar al servicio del diseñador y si se hacen todas estas recomendaciones no es para indicar que debe diseñarse sujeto al equipo (o sea condicionado por él) a utilizarse, sino que se pretende dar mayores elementos de juicio al diseñador para que su trabajo sea más sencillo y racional.

No solo los aspectos masivos deben de considerarse en la relación diseño-uso de equipo ya que en un proyecto determinado es bueno revisar el movimiento bruto de corte y relleno (que es el más significativo por el costo), sino que todos aquellos pequeños detalles que aunque parezcan insignificantes si se juzgan aislados pueden llegarse a costos significativos si se llegan a verificar.

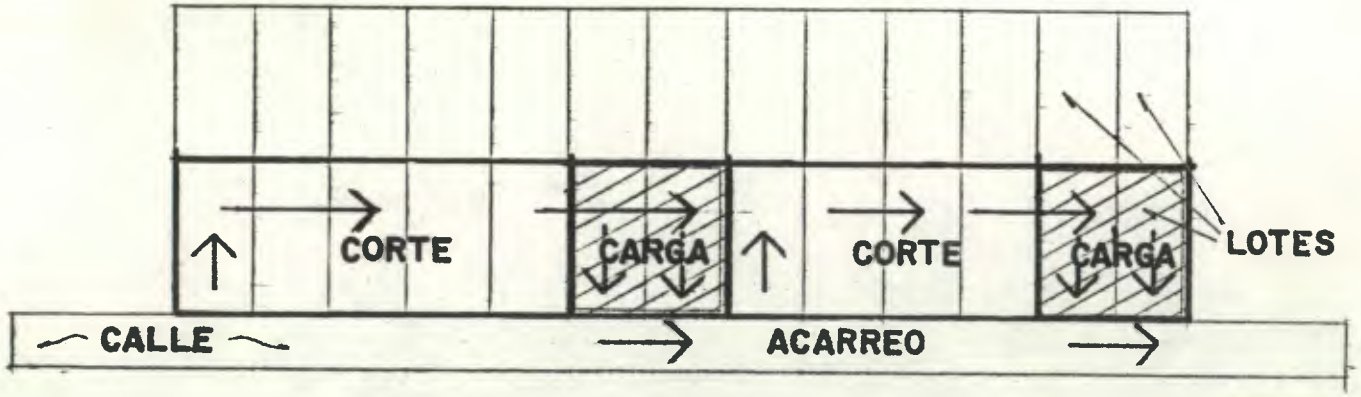
Para ejemplificar citaré un caso real en el cual no se hizo una consideración en un aspecto aparentemente sencillo, el cual causó un incremento serio en los costos.

Por ciertas circunstancias especiales, este proyecto estaba subdividido en tres fases: Movimiento de tierras, urbanización y vivienda, las cuales iban a ser realizadas por tres contratistas diferentes, obedeciendo en cada etapa a especificacio



CORTE CON MAQUINARIA PESADA (Ier PASO)

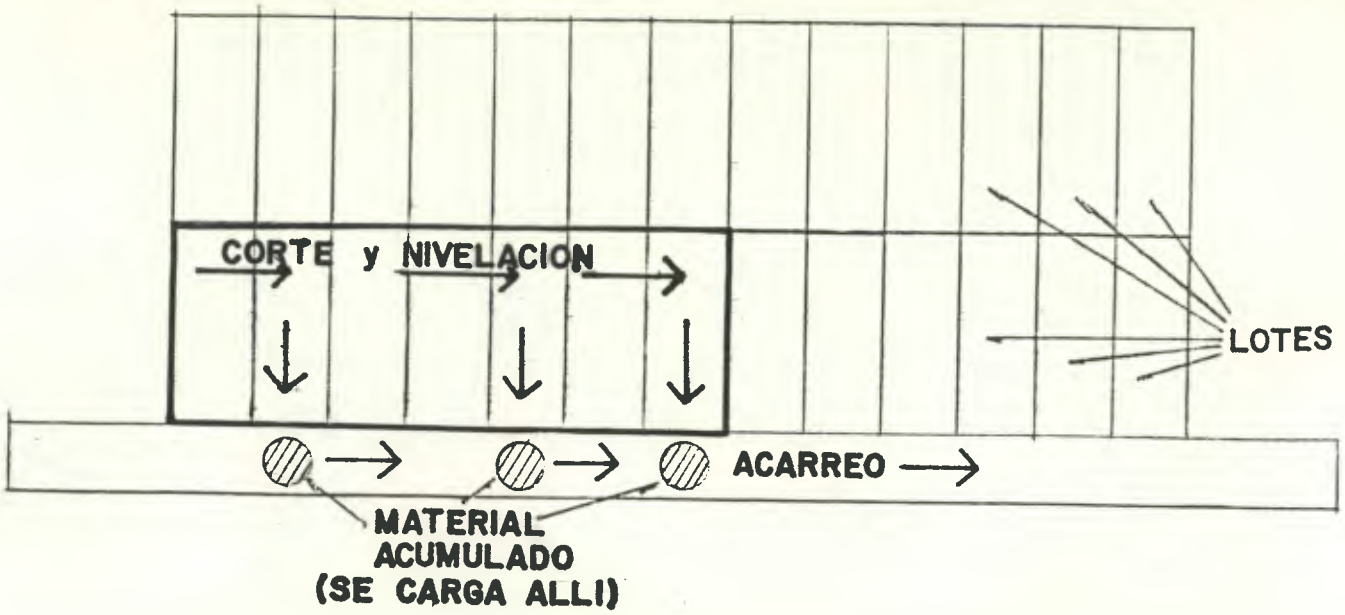
A. SENTIDO DEL CORTE EN BRUTO CON MAQUINARIA GRANDE (D7, D8, D9)
B. SITIO DE APILAMIENTO DE MATERIAL CORTADO
C. CARGA DE MATERIAL Y ACARREO



CORTE CON MAQUINARIA PESADA (2° PASO)

A. SENTIDO DEL CORTE PARA AFILAMIENTO CON MAQUINARIA MEDIANA (TRACTORES DE MENOS DE 180 H.P. (D6, D5, D4)
B. SITIO DE APILAMIENTO DEL MATERIAL CORTADO
C. CARGA DEL MATERIAL ACARREADO

ILUSTRACION N° 2



A. SENTIDO DEL CORTE y RELLENO CON MAQUINARIA MEDIANA o PEQUEÑA (CARGADORES DE ORUGA, RETROEXCAVADORAS DE LLANTAS, TRACTORES PEQUEÑOS)
B. EL MATERIAL SE APILA EN LA CALLE
C. SE CARGA Y TRANSPORTA LUEGO

continuacion... *ILUSTRACION Nº 2*

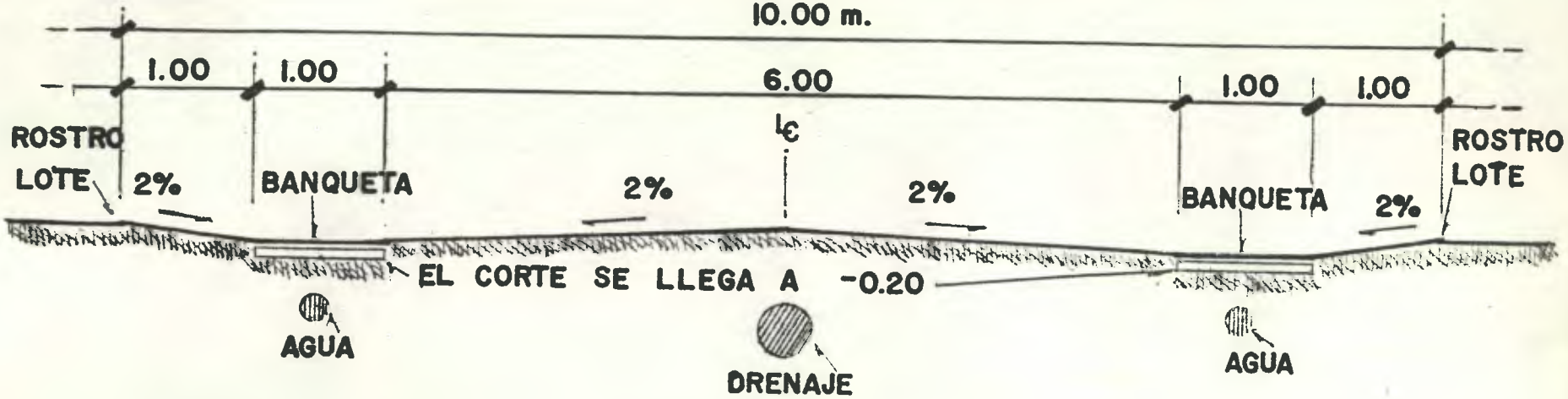
nes diferentes. El problema en sí lo constituyó el diseño de gabarito (era casi el típico para todo el proyecto) que se ilustra en la ejemplificación # 1.

Como puede observarse, se pretendía (y así tuvo que hacerse) realizar el trabajo mostrado en el dibujo a cabalidad durante la fase del movimiento de tierras; para dificultar la situación se pretendía que el contratista dejase de una vez realizado un corte de 0.20 M. de las cotas de rasante de calles, supuestamente para ahorrarle al contratista de urbanización este trabajo ya que era más "fácil" realizar este corte con maquinaria.

Si analizamos el dibujo podemos ver claramente que para poder realizar este trabajo era casi imposible hacerlo con tractor, era necesario usar motoniveladora para los cortes y una cuadrilla de topografía adicional para ir marcando los bombeos, éstas actividades de inicio significaron un incremento del costo por metro cúbico del 200%. Además, era imposible conseguir una máquina capaz de cortar la capa de 0.20 M. por un metro de ancho, por lo que el corte hubo de hacerse a mano con el sobrecosto del 400%; estos fueron los gastos sólo para el movimiento de tierras, además hay que considerar que dentro de la urbanización hubo que volver a tallar los cortes de banqueta, hacer de nuevo los bombeos debido a que se estropearon por no estar el renglón de protección de taludes dentro de movimiento de tierras, al igual que hubo que pagar el acarreo del material proveniente de la excavación de las redes generales de drenaje y agua potable, pues no se podía depositar (esparcir) en el lugar.

Casi el mismo proceso hubo de seguirse para la etapa de construcción de viviendas, pues no había sitio para el material proveniente de las excavaciones de cimientos y drenaje.

Por estas razones y gracias a un diseño mal analizado, a una mala secuencia de trabajo y a un set de especificaciones mal planificadas, el costo del metro cú-



DISEÑO SEGUN PLANOS
GABARITO TIPICO Nº 1

EJEMPLIFICACION Nº 1

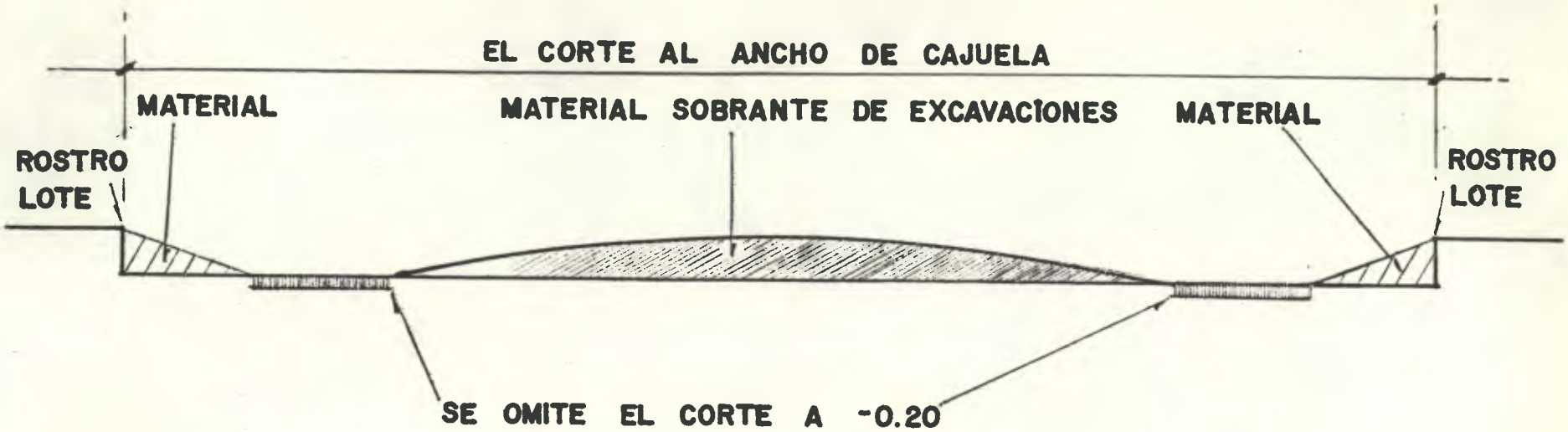
bico que de otra manera hubiera salido en Q. 3.00 salió en realidad casi en Q. 20.00

Por de pronto analizamos lo que puede suceder ante la falta de análisis de un diseño, pero ¿qué hacer cuando se tiene ante sí una solución ya dada (tomemos este caso), la cual no puede eludirse y se tiene que realizar de una manera lógica y económica?

Para tal caso se podría presentar una solución como la que se muestra en la ejemplificación # 2, en la que los criterios a seguir fueron los siguientes:

A) Primero se realizó el corte a todo el ancho de la cajuela de la calle (10 M.)
B) El corte de 0.20 M. no se realizó sino hasta cuando tocase la etapa de urbanización.
C) El material sobrante de excavaciones de agua potable, drenajes, cimientos y tallado de terrazas se depositó en las áreas verdes para formar taludes y no acarrearlas luego.

De todo esto se colige que el uso racional de los recursos creativos debe de ir estrechamente relacionado con las posibilidades de ejecución física para cualquier proyecto en que el uso de equipo pesado de contrucción sea determinante, pues la desasociación de estos principios puede generar problemas difíciles de solventar.



MATERIAL CONFORMADO PROVENIENTE DE AFINADO DE TERRAZAS Y EXCAVACION EN VIVIEDAS

POSIBILIDAD DE TRABAJO SIN CAMBIAR DISEÑO

EJEMPLIFICACION Nº 2

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El equipo pesado de construcción es de operación sencilla y obedece a principios específicos que deben de ser analizados para cada circunstancia de trabajo, es esencial realizar un pequeño pero cuidadoso estudio de los elementos predominantes, tales como la selección del equipo (en base a los principios estudiados), las posibilidades de trabajo, los planes de operación y los controles de costos para estar en la certeza que un trabajo de movimiento de tierras va a realizarse de una manera netamente científica (lógica y racional).

Como el aspecto costos es posiblemente el renglón más significativo, cualquier decisión (tal como cambios de equipo, rediseños de soluciones, etc.) debe de ser tomada en base a un análisis económico previo.

Ya que es imposible realizar recomendaciones tales como equipos a usar, tamaño más económico de lotes en función de costos, máquina y modalidades de diseño adecuadas (esto se debe a que hay máquinas para todo tipo de labores, pero están en función de principios de potencia, tracción, operación, etc, los cuales no son los mismos para todos los terrenos pues no solo los rendimientos se ven afectados por los tipos de terreno sino que por los diseños también). Ahora, si consideramos los diseños, vemos que éstos son económicos si están geomórficamente adecuados y por lo tanto una solución puede ser muy buena pero solo para un lugar en especial y al ser "trasladada" a otro sitio resulte ser todo lo contrario, situación que nos lleva a pensar que la máquina que se usó en el terreno "A" sea económica en el "B" pero esto no impide que exista otra que lo sea todavía más para trabajar en el terreno "B").

En conclusión: El profesional de arquitectura en su calidad de diseñador (modificador urbano) cuenta con la maquinaria pesada de construcción como un medio

para la realización física de su creatividad y no debe sujetarse a ella como un elemento de diseño sino que debe de conocer simplemente sus principios básicos de operación para no incurrir en errores de concepto en lo que a su fase de diseño propiamente dicha se refiere, de donde es importante (si se poseen dudas) el realizar un análisis operacional del equipo antes de tomar una solución de diseño que pueda tener implicaciones posteriores serias y esto solo es posible en base a los principios explicados con anterioridad.

APENDICE:

Existen muchas nominaciones que llegan a constituir una especie de "Idioma técnico" entre las personas que trabajan con maquinaria en el pais por lo que consideré el incluir algunas de ellas en el presente trabajo, Algunas dé las cuales son:

axle= eje

botellas = cilindros hidraúlicos

baudas = carriles

bujes = bushings a los que atraviesa un pin

brazos = cilindros hidraúlicos

brazos tensores = ajustadores de inclinación

cadena = unión de links, bujes y pasadores

catarina = pieza de transmisión que transmite tracción a la cabina

cabilla = sprocket, rueda dentada para tracción

chollar = sobar

chainear = nivelar burdo

container = recipiente

diente = roturador

estrobo = cable para remacar

gavilán = pieza protectora de cuchilla

güisquil = pata de cabra

horqueta = graduador de pieza tensora

hoe = cucharon

link = eslabón de cadena

quijada = cucharón articulado

marco = bastidor de tractor

mesa = hoja de empuje

mandos = dirección del tractor

mano = brazo de extensión

master pin = pasador clave para desarmar la cadena

pines = pasadores

panal = cuerpo del radiador

ripper = roturador

sapo = booster hidraúlico

tensora = guía de cadena

BIBLIOGRAFIA

1) GUIA SOBRE EQUIPO CATERPILLAR
Caterpillar Tractor Co. Preoria Illinois E. U. A.

2) FARMOVING DATA HANDBOOK
Ingersoll Rand, Shippensburg P. A. 17257 U. S. A.

3) INGENIERIA ECONOMICA - GEORGE TAYLOR
Editorial Limusa México 1976

4) CONSTRUCTION PLANNING EQUIPMENT AND METHODS
R. L. Peurifoy Mc Graw-Hill Book Co. 1979

5) CONSTRUCTION METHODS AND EQUIPMENT
J. E. Adams Mc Graw-Hill Book Co. 1972

6) KOMATSU BUYER'S GUIDE - SPECS FACTS

7) CASE CONSTRUCTION EQUIPMENT GUIDE
International Division
Racine Wisconsin 53404 U. S. A.

8) WABCO HOW TO SAVE YOUR LOSS TIME
American Standard Co.
Adams, Preoria U. S. A.

9) OSHKOSH EARTH TRANSPORTATION CICLES
Wisconsin U. S. A.

(f) FRANCISCO R. MAZARIEGOS M.
PRESENTANTE

(f) ING. JORGE AUGUSTO RODRIGUEZ
ASESOR

(f) ING. OLIVERIO CASASOLA G.
ASESOR

(f) ARQ. HERMES AUGUSTO MARROQUIN C.
ASESOR

IMPRIMASE: (f) ARQ. MIGUEL ANGEL SANTACRUZ
DECANO EN FUNCIONES