

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



**OPTIMIZACION EN LA COMPRA Y TRANSPORTE
DE ARENA Y GRAVA PARA LA INDUSTRIA DEL
CONCRETO PREMEZCLADO EN LA CIUDAD DE
MEXICO**

T E S I S P R O F E S I O N A L
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

P r e s e n t a n

Fernando Graf Noriega

Pedro Vizcarra Perez

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Perla Fernández R.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PROLOGO

La Industria de la Construcción ha permanecido en un estado artesanal y difícilmente se ha podido industrializar la fabricación de los productos de la construcción, que no sean los tradicionales; sin embargo la necesidad de construir obras más grandes o que garantizan calidad, obliga cada vez más a una productividad en la cual la industrialización tiene una oportunidad y por consecuencia la Ingeniería Industrial tiene en la construcción un papel más relevante. La Industria de la construcción necesita cada vez más a la Ingeniería Industrial.

Una de las industrias relativas a la construcción que más necesita de la Ingeniería Industrial es la del Concreto Premezclado por sus características muy especiales. El producto en este caso, el concreto se entrega en las obras en estado plástico, es decir listo para usarse y tiene un tiempo de vida antes de endurecer que obliga a un servicio al cliente preciso y garantizado. El lograr este servicio es un problema, en el cual la Ingeniería Industrial tiene un campo natural de aplicación.

Dentro de las operaciones de la producción de concreto, el aprovisionamiento de los materiales es indispensable lograrlo de tal manera que garantice que una obra en el proceso de colado no pare por falta de materiales. Este simple hecho es de una importancia en el uso del material y por eso la Ingeniería Industrial que se desarrolle alrededor de este problema es sumamente importante y valiosa.

INDICE TEMATICO

INTRODUCCIÓN.

Capítulo I. Antecedentes y situación actual del manejo de agregados dentro de la industria del concreto premezclado.

- | | |
|---|----|
| 1.1.- Historia de la industria del concreto premezclado. | 10 |
| 1.2.- Definición del problema en la adquisición de arena y grava durante la década pasada e influencia de los sismos de 85. | 17 |

Capítulo II. Análisis cualitativo y cuantitativo de la oferta de arena y grava en la ciudad de México.

- | | |
|--|----|
| 2.1.- Descripción de las normas oficiales mexicanas para el uso de arena y grava en el concreto premezclado. | 21 |
| 2.2.- Capacidad de producción y oferta de materiales en las minas para una empresa de concreto premezclado. | 39 |
| 2.3.- Realización de pruebas físicas a las muestras de arena y grava de cada mina. | 43 |

Capítulo III. Algoritmo del problema de transporte.

- | | |
|--|----|
| 3.1.- Definición del problema de transporte. | 71 |
| 3.2.- Demostración teórico/práctica de su correcta aplicación para la solución del problema. | 83 |

Capítulo IV. Desarrollo y solución a la matriz de opciones de compra por el algoritmo de transporte.

- | | |
|---|-----|
| 4.1.- Obtención de la matriz comparativa de opciones de compra. | 88 |
| 4.2.- Funcionamiento del programa de computación micromanager para la solución a la matriz de compra. | 96 |
| 4.3.- Solución a la matriz por "Micromanager" | 103 |

Capítulo V. Conclusiones 111

Bibliografía 117

Apéndice 120

INTRODUCCION

El presente trabajo lleva como objetivo dar a conocer una aplicación real del algoritmo del problema de transporte a la industria del concreto premezclado en la compra de arena y grava para la elaboración del concreto considerando costos, la calidad de los mismos y situación comercial vistos de una manera integral.

Una aplicación que en condiciones normales es necesaria aplicar una vez por mes y permite diseñar o planear la compra de materiales sin causar una variación en la calidad, y logrando considerables ahorros en el costo de compra y transporte de materia prima para la elaboración del concreto.

La historia del concreto desde sus orígenes demuestra la importancia del producto y su desarrollo en México a partir de los años cincuentas. Enseña el crecimiento desmesurado de la minas de donde obtener los materiales, reduciéndose la calidad de los mismos. La problemática de la década pasada, después de los sismos de 1985; las correcciones y estudios hechos a las normas oficiales mexicanas y en general a la situación actual por la cual surge la necesidad de la aplicación arriba mencionada.

Durante el capítulo II se mencionan las normas oficiales que tienen injerencia en el control de calidad para la selección de materiales. Todas ellas son representativas en el estudio, pues podrán generar sobrecostos al tomar la elaboración de concreto como un problema integral de costos en todos sus componentes, es decir tener una especificación fuera de tolerancia generaría un sobreconsumo de cemento en el concreto lo cual incrementaría el costo de la mezcla.

El hablar de normas oficiales mexicanas también nos hace entender los requisitos no solo comerciales que debe tener una fuente de abastecimiento, comunmente llamada mina, sino también los patrones de calidad de la materia prima se enumeran en cada norma los conceptos específicos, el procedimiento para realizar la prueba y sus especificaciones para la aceptación o rechazo.

De una manera práctica se conoce la realización de la prueba y bajo experiencia técnica de ingeniería civil se interpreta como los resultados de pruebas físicas injieren en el consumo de cemento para el diseño de la mezcla para beneficio o lo contrario.

Se habla también, de la situación comercial que guarda cada mina con la empresa de concreto premezclado, describiendo la confiabilidad de equipo y volumen de material ofrecido.

El problema de transporte es explicado en su desarrollo teórico en el capítulo III. Se detalla la descripción de éste y la necesidad de seleccionar un método de solución de los tres presentados en forma teórica. Los métodos son mostrados con tablas que ejemplifican paso a paso la rutina que debe seguir el usuario, así como las variantes que se pueden contemplar en cada uno de los métodos. Se detalla cada una de las variables, su significado en el problema de transporte y su homologación con la aplicación real del problema de transporte de arena y grava para la industria del concreto premezclado.

Una vez seleccionado el método de solución adecuado, en el capítulo IV se explica la secuencia de información necesaria para la aplicación del problema, las suposiciones realizadas, las limitaciones físicas y la fuente de información para precios agregados, kilómetros de transporte entre distintos puntos. Además se detalla la obtención del sobrecosto con base en la calidad del agregado según sus pruebas físicas realizadas y sus resultados encontrados en el capítulo II.

Al recolectar toda ésta información se llega a la matriz de opciones de comprar arena y grava la cual debe cumplir con las características vistas en el capítulo III para ser resuelta en el capítulo V por métodos computacionales.

El capítulo V trata la solución al problema de transporte de la matriz de opciones de compra por computadora, se detalla la secuencia de solución haciendo entendible los resultados obtenidos por el programa. Se detallan las soluciones encontradas para comentar y obtener conclusiones generales y

particulares, que a través de una aplicación rápida y sencilla para programar la compra de materiales al mínimo costo posible con la frecuencia necesaria determinada por las propias situaciones físicas de la empresa y proveedores controlando así, la calidad constante del producto y el factor de costo de compra entre metro cúbico producido de concreto. La limitante de la aplicación es siempre su uso, ya que cumplir lo programado y encontrado en teoría puede variar por circunstancias propias del usuario y terceros, como flotillas de transporte, equipo de la mina y planta productora, situación que debe prevenirse en los datos obtenidos de oferta de cada mina y demanda de cada planta.

Si se pretende hacer un trabajo profundo de calidad y diseño de mezclas de concreto, el concepto de calidad se utiliza como el cumplimiento de especificaciones al costo mínimo posible, dictado por los costos de transporte y de compra de arena y grava para la mezcla. El cemento y el agua así como aditivos, al representar poca variación en su compra no son tratados como problemas de transporte, sin embargo esta integrado al trabajo por la indispensable relación con los agregados finos y gruesos. Así también se considera solo los agregados comúnmente utilizados, aunque agregados especiales como mármol, arena roja, grava caliza pueden ser tratados con la misma aplicación.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL DEL MANEJO DE AGREGADOS DENTRO DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO.

1.1 HISTORIA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO.

La mayoría de los productos, bienes y servicios que utilizamos están ligados a la historia, su producción y consumo reflejan el progreso, la prosperidad y también las calamidades a que está expuesto el hombre. La historia del cemento y por lo tanto del concreto está íntimamente ligada a la búsqueda de los materiales para que sus construcciones resulten además de seguras, resistentes a la acción del tiempo y los elementos.

Al plantearse la pregunta sobre la edad del concreto, la mayoría no le concede más antigüedad de lo que va de éste siglo o máximo en 1880. Los expertos reconocen al concreto como el material artificial más antiguo utilizado para la construcción.

El concreto es un elemento compuesto de arena, piedra triturada u otros agregados, mezclados a base de una pasta endurecida con cemento y agua. Gracias a la hidratación del cemento, el concreto adquiere una resistencia y durezas similares a la roca, que permiten numerosas aplicaciones.

Recientemente, antes de que las aguas de una presa en construcción arrasara la región, el arqueólogo yugoslavo Prof. Dr. Dragoslav visitó una vez más la conocida zona arqueológica de la ribera derecha del Danubio, donde descubrió nueve horizontes culturales, los jeroglíficos descifraron que había existido entre 5600 a.C. y 5000 a.C. hombres de un nivel cultural extraordinariamente alto para la época. Eran cazadores, recolectores y pescadores de la edad de piedra, que probablemente rendían culto al fuego y se habían asentado en una zona que habían dotado de calles con trazo definido, que más tarde empedraron, y chozas apuntalados sobre maderos, con una planta uniforme trapezoidal diseñada evidentemente sobre principios matemáticos. Debieron haber existido artistas y técnicos de la construcción encargados de la edificación de casas.

Los arqueólogos exploraron los estratos, esqueletos, la flora y la fauna, enviaron pruebas a Berlín, Polonia, Filadelfia, Londres, Zagreb para determinar su edad por medio del carbono radioactivo. Los resultados coincidieron, Lepinski Vir I, nombre que se le dio al estrato más bajo, tenía una edad de 7600 años. El hallazgo

que nos ocupa fue, los suelos de las chozas: una vez cavado el hueco destinado al horno y revestido éste con piedra caliza, una vez concluida la cimentación de la casa con piedras, el mortero hecho a base de una cal rojiza, arena, grava y agua, se distribuía por el suelo dándole un espesor de dos a tres centímetros en las orillas y hasta 25 cm en el centro, se aplanaba y en ocasiones se cubría con una capa de pintura roja o blanca.

De la prehistoria de Lepinski Vir y su concreto nada se sabe, tampoco se conoce sus sucesores. Pero no pudo haber surgido espontáneamente; los científicos calculan por lo menos un período de desarrollo previo de 120 generaciones, es decir 3000 años. El florecimiento de esta pequeñísima metrópoli termina tan abruptamente como empezó. Hombres de otra complejión física colonizaron más tarde la península. Lepinski Vir se encuentra ahora 12 metros bajo el agua de la presa Djerab.

Los antiguos griegos y romanos utilizaban la cal en forma de morteros, que obtenían hidratando la cal viva (la cual se fabrica calcinando la piedra caliza) y mezclándola con arena. El uso extensivo de éstos morteros los llevó a descubrir que existían algunas arenas de origen volcánico, que finalmente molidas y mezcladas con lo hidratado no solo producían morteros más firmes, sino que inclusive resistían la acción de las aguas dulces y marinas. Se construyeron verdaderas piedras artificiales. Este "concreto romano" lo hacían con la mezcla de tabiques quebrados, puzolana y cal hidratada, ejemplos notables de construcciones masivas realizadas con este "concreto" son la Basílica de Constantino, y el Panteón Romano, con muros colados de 6.10 m. de ancho y su cúpula de con 43.5 metros de claro logrado vaciando una mezcla de "concreto" sobre formas de madera. La presencia en nuestras fechas de numerosas construcciones romanas son un testimonio de la excelencia en sus procesos de fabricación y demuestra que no fue casualidad, si no el resultado de un profundo conocimiento de la esencia de su fabricación.

Con la reconstrucción del faro de Eddystone, en la costa sureste de Inglaterra en 1756, el ingeniero John Smeaton fue el primero que empleó el concreto; logrando una gran resistencia. Junto las piedras una con otra, en los cimientos y material de unión empleó una mezcla de cal viva, arcilla, arena teórica de hierro en polvo.

El invento del concreto armado se ha atribuido generalmente al francés Joseph Monier. Franceses, ingleses y americanos se disputaron el invento. En el año de 1878 las patentes de la invención del sistema Monier, fueron adquiridos por una sociedad de Berlín, aplicando el sistema Monier esta empresa tuvo experiencias que mostraban la ventaja de la nueva combinación de materiales y así mismo fijaron los principios a seguir en su aplicación. Esta fue una fase decisiva en la historia del concreto armado y desde entonces el sistema Monier fue extendiéndose día con día su campo de aplicación y encontrando en Alemania gran aceptación. La patente Monier se extendió por toda Europa haciéndose del dominio del público. Y en 1890 se construyeron los primeros puentes bajo el procedimiento Monier.

El cemento portland se utilizó en la mayoría de los almacenes de siete u ocho pisos construidos por Manchester W. Fairbairn en 1844, este sistema de construcción que empleaba perfiles de acero sumergidos en el concreto, se aproxima muchísimo a la verdadera construcción de concreto armado. Sin embargo tuvieron que pasar 50 años para que el análisis científico revelara la naturaleza exacta entre los dos elementos que componen el concreto armado: acero y concreto. Los primeros constructores de concreto armado no fueron teóricos; muchos de ellos no tenían ni idea de la estabilidad de las construcciones. El sistema fue estudiado por vías de la experiencia que permitió establecer algunos principios sobre los cuales se basaron sus hipótesis. Los alemanes Koenen y Wayss dieron a conocer en 1886 fórmulas que se aplicaron considerablemente en el empleo y desarrollo del sistema Monier, sin explicar las diferentes funciones del acero y el concreto en la resistencia del concreto armado, en Francia M. Mazas definió las propiedades esenciales y el comportamiento estático del nuevo material, así como el principio para el cálculo de nuevas estructuras. La exposición universal de 1900 aporta la consagración oficial a la utilización del concreto armado.

El año de 1892 vio surgir dos nuevos sistemas: F. Hennebique y Edmon Coignet hicieron patentar casi simultáneamente sus tipos de viga de concreto armado. A solicitud de un amigo Hennebique construye una trabe heterogénea en donde el concreto trabaja a la compresión y el acero a tensión, lentamente Hennebique verificando por medio de la experiencia sus hipótesis elaboró el cálculo de este híbrido que bautizó con el

nombre de Concreto Armado (Betón Armé). La viga como la conocemos data entonces de 1889, en 1894 estudia la ménsula, los tanques y pilotes, en 1895 la columna y en 1897 construye el primer puente de concreto armado en arco.

Los principios de la historia del concreto armado son casi ajenos a la historia de la Arquitectura, ya que éste nuevo material no había estimulado la imaginación de los arquitectos hasta fines del siglo XIX. A. de Baudot utiliza el concreto armado para la iglesia de St. Jean de Montmartre en 1894 como uno de los primeros ejemplos de aplicación del concreto armado a la arquitectura. Esta construcción tuvo un gran éxito en su tiempo porque disminuyó a la mitad los gastos proporcionales de las construcciones comunes y corrientes y porque introdujo innovaciones en una técnica que combinaba la bóveda gótica con traveses rectos. En 1901 y 1904 un joven arquitecto francés, Tony Garnier, aplicó sistemáticamente el concreto armado y otros materiales modernos en su proyecto de ciudad industrial. Adopta por vez primera, para los edificios de habitación, los esquemas arquitectónicos practicados por Hennebique en 1895: poniéndose en evidencia la estructura sin agregados decorativos, adelantándose 20 años al lenguaje arquitectónico que se impondrá con el estilo internacional.

En esta época se esconde el concreto con vergüenza, se enseñaba que por un lado estaban los materiales nobles de primera fila como el mármol, la piedra y por otra parte "esas mezclas impuras hechas por técnicos generalizadas bajo el título de aglomerados". Hubo que esperar a Augusto Perret, un revolucionario que tuvo que luchar contra la rutina, contra las costumbres y a medida que sus estudios se desarrollaban, fue estableciendo una doctrina arquitectónica, no se preocupaba solamente por la granulometría en la dosificación del concreto, decía que hay muchas clases de concreto según el tipo de agregados, el color del cemento, la textura superficial del molde, etc. A. Perret tuvo la visión de convertir el concreto, que era un simple material de construcción, "material de ingenieros" en material de arquitectura, en el sentido moderno del término. Construía por tener costos mas bajos que otros.

El período que se extiende entre 1900 y 1920 es el nacimiento y desarrollo de la arquitectura racionalista que se culminará con la implantación del estilo internacional, existiendo entonces grandes superficies de cristal y losas voladas de concreto armado en terrazas y rampas; el empleo de concreto armado se generaliza sistemáticamente en la construcción de grandes conjuntos industriales. En México durante el régimen de Porfirio Díaz, se adoptaron las formas europeas de arquitecturas, importando profesores franceses e italianos, dando a conocer las últimas tendencias estilistas y promueven la importación de materiales de construcción, siendo hasta 1925 que arquitectos mexicanos entran a representar un papel creador en el escenario del concreto. Los edificios más representativos del porfirismo que rompen con la influencia española son el Nuevo Teatro Nacional (Bellas Artes) y la Casa de Correos. En 1910 se paraliza la construcción y vuelve a reanudarse en 1917 con las mismas tendencias, sin que la revolución marcara el fin del extranjerismo ni la iniciación del nacionalismo. Los ingenieros mexicanos aprovechando el bajo costo del cemento en México colaboraron en la adopción de los procesos de construcción más eficientes en obras a base de concreto. Surgen arquitectos modernistas, desde José Villagrán García hasta Pedro Ramírez Vázquez quienes hacen del concreto un producto de mayor utilización; al obtenerse estructuras más ligeras, mayores facilidades de fabricación y de construcción. Al descubrirse la extraordinaria adaptabilidad de este material permitió tener estructuras sumamente complicadas de formas geométricas como paraboloides hiperbólicos que parecerían irrealizables.

La construcción de algunos pavimentos de concreto en el Distrito Federal marca una significativa jornada en la historia del cemento y del concreto, demostrando que tomando en cuenta la durabilidad de este producto, es el material más económico.

Cuando en 1927 el Presidente Calles funda la comisión Nacional de Irrigación y de Caminos, el concreto invade el campo para realizar proyectos de envergadura, tales como grandes sistemas de riego e innumerables obras. El cemento Portland capaz de reaccionar con el agua hasta transformarse en uno de los materiales más nobles como el concreto, pasó a convertirse en aquellas fechas el elemento base para las grandes obras en México.

En 1939 había 90 empresas constructoras en todo el país, en su mayor parte dedicadas a obras de edificación y rara vez a trabajos de ingeniería civil. Es a partir de 1940, cuando por razones de haberse declarado la segunda guerra mundial, en la que México se vio involucrado de manera colateral, la economía del país se orienta hacia la tesis de la industrialización, con la sustitución de importaciones, la inversión pública se canaliza a la infraestructura del sector industrial. La construcción participa de éste beneficio. La década de los cuarentas, es la década de la verdadera industrialización en México, marcada por el auge de la política de sustitución de importaciones, por ser el inicio de una gran expansión de nuestro aparato productivo y de las obras de infraestructura, es también la época en que propiamente se desarrolla y consolida la incipiente industria mexicana de la construcción, ya en franca lucha contra las empresas extranjeras y los políticos contratistas. La industria cementera ha puesto siempre mucho interés en las industrias de productos de concreto, como el Concreto Premezclado, elementos precolados, etc., para lograr un consumo de cemento mayor a través del concreto. La necesidad de producir concreto a nivel industrial resultaba imperiosa en 1930 y tomó fuerza por sí misma en la década de 1940, en diversos campos de la ingeniería mexicana, produciendo Concreto Premezclado, con el respaldo de la garantía de calidad "listo para usarse", no obstante en 1950 fue cuando empezaron a surgir las primeras empresas dedicadas a la elaboración de Concreto Premezclado. El transporte de concreto fue el punto que indicó en buena medida su capacidad. Se ha dicho que después de los heridos lo que debe transportarse con mayor rapidez es el concreto, y fue hasta 1951 cuando la industria del Concreto Premezclado como industria al servicio de la construcción comenzó a operar, logrando de inmediato un desarrollo extraordinario propiciado por el auge acelerado en la industria de la construcción de esa época.

La industria del Concreto Premezclado se inició como una diversificación del uso del cemento. Como es lógico pensar el uso Concreto Premezclado a nivel industrial logra dar ventajas importantes al constructor como ligereza y versatilidad, rapidez, ahorro, servicio, etc. El Concreto Premezclado definido como el concreto entregado, por medio de un transporte, ya mezclado y listo para vaciarse en el lugar que se va a colar, tiene su origen en la conveniencia para los constructores de centralizar todas las operaciones que implicaba el mezclado, al inventarse el camión revolvente se pudieron centralizar en las obras mismas todo el equipo

a base de concreto. La cual se presentaba en un desorden propio del desarrollo (Crecimiento Sexenal). Política de construcción masiva.

Actualmente existen mas de 250 plantas de Concreto Premezclado establecidas en todos los estados del país, que permite que el Concreto Premezclado ofrezca todas las ventajas que exige la construcción moderna: responsabilidad, garantía del diseño de mezcla, capacidad para suministrar cualquier volumen requerido y mayor velocidad en su manejo y colocación. La relevancia del aspecto de servicio se logró en los sesentas cuando aparecen las bombas de Concreto Premezclado a base de sistema hidráulico. El rápido crecimiento de ésta industria requirió también de instituciones que normarán los criterios e investigaran nuevas posibilidades, contribuyendo a difundir los aspectos relacionados con el producto, ello propició la creación de un comité de Concreto Premezclado, que posteriormente dio origen en 1958 a la primera Asociación de Productores de Concreto Premezclado ANPCPAC, con el objetivo primordial de un laboratorio que controlara y verificara en forma permanente la calidad del concreto producido por las empresas establecidas, así como mejorar la calidad de los concretos existentes, ayudando a establecer normas de calidad saludables para la industria y el producto. Al cabo de los años LA ANPCPAC dio paso a la Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado, AMIC, con programas de servicios enfocados a ofrecer más servicios al consumidor y al Concreto Premezclado.

1.2. DEFINICION DEL PROBLEMA EN LA ADQUISICIÓN DE ARENA Y GRAVA DURANTE LA DECADA PASADA E INFLUENCIA DE LOS SISMOS DE 85.

Las principales zonas en el área metropolitana que has sido explotadas para la obtención de agregados (arena y grava) para la elaboración de concreto premezclado son la zona oriente y la zona poniente. La zona oriente abarca de Los Reyes la Paz hacia Texcoco y la zona poniente de Naucalpan a Santa Fe.

En la elaboración de Concreto Premezclado los agregados juegan un papel muy importante en la calidad del producto aunque no sean la materia prima mas importante o más costosa, pero cumplir ciertas especificaciones que veremos más adelante es indispensable para lograr los requisitos especificados en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para el Concreto Premezclado. Los agregados representan el 75% del volumen de la mezcla del concreto y de ellos depende en gran parte el consumo de cemento necesario para cumplir la resistencia a la compresión, el peso volumétrico del concreto, así como un buen aspecto físico, y la eliminación de segregaciones, agrietamientos, etc

La demanda del Concreto Premezclado como ya lo observamos, mantuvo una tendencia creciente desde sus orígenes hasta la primera mitad de la década pasada. El crecimiento desmesurado de la Ciudad de México, un consumo exageradamente intenso que si bien no agotó dificultó una explotación racional de los agregados, ocasionó que se modificara el uso de suelo, ampliando las zonas de explotación e invadiendo zonas habitacionales, resultando las más cercanas al mercado. Durante varias décadas las minas cercanas de agregados de buena calidad han venido agotándose gradualmente, aunque el control de calidad en términos de resistencia a la compresión del Concreto en general se ha cumplido mediante "arreglos a las mezclas". Después de los sismos de 1985 el Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción de la Comisión Nacional de Reconstrucción, al realizar estudios profundos de las posibles fallas en las estructuras de edificios, encontró en lo referente al Concreto Hidráulico que la calidad de la arena y grava frecuentemente había sido tal que el módulo de elasticidad era del 57% del que se obtendría con agregados de buena calidad y alrededor del 85% de los valores señalados en el reglamento. También se consideró que bajo repetidas cargas alternadas el porcentaje de deterioro de la resistencia y la rigidez del material es apreciablemente más pronunciado.

La degradación del Módulo de Elasticidad y las excesivas contracciones por secado y por lo tanto altas deformaciones diferidas en el tiempo se atribuyen al exceso de finos en las arenas de las minas. Pero durante una serie de pruebas que se realizaron con objeto de lograr nuevas especificaciones para concretos especiales en algunas zonas críticas de la Ciudad de México demostraron que lo necesario a controlar no era el exceso

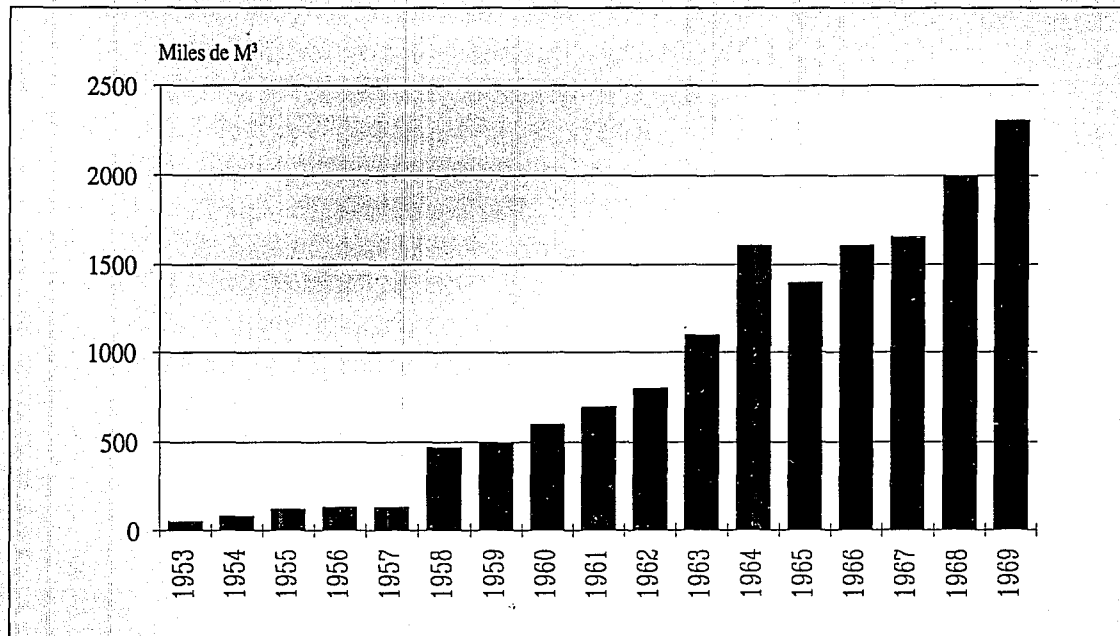
de finos en la arena que de alguna manera influye a tener mayores consumos de cemento sino el contenido de arcilla en los finos de la arena lo cual degrada el módulo de elasticidad del concreto.

De tal relevancia fue este aspecto que la especificación sobre el contenido de arcilla en los finos de la arena que desde entonces se controla y especifican límites permisibles a través de las pruebas de contracción lineal o del equivalente de arena en el Nuevo Reglamento de Construcción del D.D.F.

El Perito Responsable de la obra es quien tiene la responsabilidad de que se cumpla la especificación, sin embargo el productor tiene la opción que sin agregados que cumplen la especificación puede vender concreto que demuestre que cumple con la contracción y Módulo de Elasticidad del Concreto Premezclado.

Las nuevas disposiciones del reglamento de construcción redujeron las opciones de compra de arena y grava en forma considerable aunque compensado por la crisis de la década y el propio reglamento de construcción. Con menores opciones de compra y con una tendencia creciente de obra se presentaron para la industria del Concreto Premezclado dificultades tanto de calidad, abastecimiento y costo en la compra de materias primas. El tema que nos ocupa representa una solución al problema, a través de una planeación, estudios técnicos y el algoritmo del problema del transporte, en la cual la calidad, los costos y las estrategias operacionales están presentes.

CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO M³ PRODUCIDOS POR AÑO



CAPITULO II
ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LA ARENA Y GRAVA EN LA
CIUDAD DE MEXICO.

Análisis Granulométrico	NOM C-77
Módulo de Finura	NOM C-77
Determinación de las partículas de arcilla	NOM C-71
Pruebas de contracción lineal	SCT N.C.
Gravas	
Peso Volumétrico Suelto	NOM C-73
Peso Volumétrico Comprimido	NOM C-77
Densidad	NOM C-164
Absorción	NOM C-164
Análisis Granulométrico	NOM C-77
Módulo de Finura	NOM C-77

Como norma general se encuentra la NOM C-111 que es la que reúne las especificaciones que debe cumplir los agregados naturales finos (arena) y gruesos (grava) para usarse en la fabricación de Concreto Hidráulico, exceptuando los agregados ligeros, estas especificaciones se tratan en la norma específica de cada concepto. Y para el método de muestreo la NOMC-30.

En México D.F. solamente se manejan bancos de agregados La Norma NOM C-30 sobre el muestreo de agregados establece que éste se utiliza en la investigación preliminar de fuentes potenciales de suministro, en el control de agregados en la fuente de suministro, en el control de agregados en la fuente de abastecimiento, en el control de operaciones en el sitio de uso, etc. Al muestrear se deben tomar todas las precauciones necesarias para que la muestra sea representativa de la fuente de abastecimiento o mina, para lo cual la muestra debe ser compuesta, es decir tomada varias veces de diferentes tamaños. Las fuentes de abastecimiento de agregados para concreto pueden ser depósitos fluviales (ríos), bancos de agregados, arenas y gravas volcánicas, arenas de playas marítimas y lacustres, canteras, etc.

A fin de tener muestras representativas de un determinado banco o mina es de mucha importancia efectuar la operación de muestreo, pero antes hacer una inspección visual detallada del material localizado sobre la línea de explotación. Se deben tomar muestras separadas en cantidad suficiente en todas las clases de piedra estimando el porcentaje de cada una de ellas y la cantidad. En la industria del Concreto Premezclado el muestreo generalmente se realiza sobre material almacenado de una mina previamente ya explotada. Esto se debe hacer tomando muestras aproximadamente iguales de diferentes nivel y directriz del montón de almacén como lo muestra la figura 2.1.

También el muestreo debe realizarse por la corriente de descarga de tolvas a bandas, tomando tres porciones iguales tomadas al azar para formar una muestra compuesta cuya masa sea de 100 kg. a 300 Kg., dependiendo del material y el tamaño máximo Nominal. Se debe evitar el muestreo de agregado grueso de unidades de transporte, pero cuando las circunstancias lo hacen necesario se debe diseñar un plan de muestreo para el caso específico que de resultados confiables obtenidos de acuerdo a todas las partes interesadas.

1.- NORMA SOBRE EL ANALISIS GRANULOMETRICO Y MODULO DE FINURA (NOM C-77)

Esta Norma establece el método para el análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños por medio de cribas.

1.-Materiales:

Agua destilada o desionizada

2.-Aparatos y equipos:

-Balanza con una aproximación de 0.1% de la masa de la muestra

-Juego de cribas que cumplan con las especificaciones de la NOM B-231

-Máquina agitadora para el cribado capaz de sostener el juego completo de cribas accionada por motor o manivela.

-Equipo común de Laboratorio químico.

3.-Preparación de la Muestra

La muestra para el agregado fino debe humedecerse para la hora de hacer la reducción de tamaño evitar pérdidas por segregación, el tamaño es de acuerdo al porcentaje que pasa cierta criba, está entre 100 y 500 gramos para el caso de la arena y para la grava dependiendo del tamaño máximo nominal la masa de la muestra se encuentra entre 2 y 70 gr. La muestra debe haber sido secada antes de obtener el peso mencionado.

4.- Procedimiento

Se seca la muestra a masa constante a una temperatura de 110 °C, se arman las cribas terminando con la charola al fondo y se coloca la muestra en la criba superior, se tapa y se agita durante un tiempo suficiente obtenido con base en la experiencia. Después se separan las cribas y se tapan cada una por separado con su charola, se golpean con objeto de pasar el contenido para su peso, se determina la masa en cada criba y se obtiene el porcentaje con respecto a la masa original. Expresado en porcentaje de retención por cada criba. Obtenemos el modulo de finura en el caso del agregado fino, definido como el valor empírico igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las cribas siguientes :

G75, G38, G9.5, G4.75, M1.18, M2.36, M0.600, M0.300, Y M0.150

5.- Especificaciones

El agregado fino debe cumplir lo siguiente: estar dentro de los límites indicados en la tabla 2.1, el módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 y que el retenido parcial en cualquier criba no sea mayor al 45%. el agregado grueso debe cumplir estar dentro de los límites indicados en la tabla 2.2.

En caso de no cumplir el agregado fino, la máxima tolerancia para el valor del módulo de finura es 0.2 del valor del modulo de finura utilizado en el proporcionamiento del concreto. Si excede de la tolerancia indicada

y en caso de ser aceptado, puede utilizarse dicho agregado, siempre y cuando se haga un ajuste apropiado en el proporcionamiento del concreto, para compensar dichas deficiencias en la granulometría.

El agregado grueso debe cumplir estar dentro de los límites de la tabla 2, que para efectos de este trabajo se reduce la tabla a los límites del agregado grueso de tamaño máximo nominal de 2 pulgadas (40 mm).

En caso de no cumplir el agregado grueso se debe procesar para que satisfaga dichos límites, si se acepta su uso debe ajustarse el proporcionamiento del concreto para compensar las deficiencias granulométricas.

CRIBA NOM	%RETENIDO ACUMULADO
G9.5	0
G4.75 (4)	0 A 5
M2.36 (8)	0 A 20
M1.18 (16)	15 A 50
M0.600 (30)	40 A 75
M0.300 (50)	70 A 90
M0.150 (100)	90 A 98
CHAROLA	100

TABLA 2.1. Límites permisibles en le análisis granulométrico para arena.

CRIBA NOM	% RETENIDO ACUMULADO
G63 (2 1/2)	-
G50 (2)	0 A 5
G38 (1 1/2)	-
G25 (1)	30 A 65
G19 (3/4)	-
G12.5 (3/8)	70 A 90
G4.75 (NO 4)	90 A 100

TABLA 2.2. Límites permisibles en le análisis granulométrico para grava de 2".

2.- NORMA SOBRE EL PESO VOLUMETRICO SUELTO Y COMPRIMIDO (NOM C 73)

En la NOM C73 se establecen los métodos de prueba para la determinación de la Masa Volumétrica de los agregados finos y gruesos o de una combinación de ambos. Se entiende por masa volumétrica la masa del material por unidad de volumen siendo el volumen ocupado por el material en un recipiente especificado.

1.- Materiales

- Agua destilada y desionizada

2.- Aparatos y equipo

- Báscula con sensibilidad de 0.5% de la masa de la muestra.
- Varilla de compactación de 60 cm de longitud y 15.9 mm de diámetro.
- Recipiente cilíndrico de metal provisto de 2 manijas de 10 decímetros cúbicos de capacidad con espesor de 5 mm en fondo y 2.5 mm en paredes.

3.- Preparación de la muestra

La muestra de agregados se debe secar hasta masa constante en la estufa a 110 °C y debe estar completamente mezclada si se trata de arena y grava.

4.- Procedimiento

Se pone el recipiente con la placa de vidrio sobre la báscula para medir su masa con aproximación de +- 0.1%, se llena el recipiente con agua limpia a temperatura ambiente y cubierto con una placa de vidrio de tal modo que se elimine el exceso de agua y las burbujas de aire, se determina la masa neta del agua. Se mide la temperatura del agua para obtener la masa unitaria de acuerdo al factor de la tabla 2.3. Se divide la masa unitaria del agua entre la masa de ésta para llenar el recipiente, se obtiene el factor del recipiente.

Se procede a llenar el recipiente con el agregado en estudio (arena y/o grava) hasta la tercera parte del volumen, se compacta con la varilla dando 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, el recipiente se llena hasta dos terceras partes de su volumen y se vuelve a compactar con 25 golpes sin que penetre la varilla la parte anteriormente compactada. Después se llena el total del recipiente hasta que el material sobrepase el borde superior, se compacta 25 veces del mismo modo y se elimina el agregado sobrante usando la varilla compactadora como rasero. Se determina la masa neta del agregado, La masa volumétrica compactada se obtiene multiplicando la masa neta del agregado por el factor del recipiente. Para la masa volumétrica suelta se utiliza el mismo procedimiento pero sin compactar.

5.- Especificaciones.

El peso volumétrico de un agregado en sí, no tiene especificación, pero en el Reglamento de Construcción del D.D.F. existen especificaciones para el Concreto Premezclado, y es punto de diferencia entre concretos convencionales y concretos especiales, utilizados en zonas de alto riesgo sísmico. Como el peso volumétrico del agregado está en directa relación con el peso volumétrico del concreto, resulta de suma importancia la obtención conforme a la norma descrita del valor del peso volumétrico suelto y compactado para el diseño de mezclas.

3.- NORMA SOBRE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NOM C-164)

La NOM C-164 establece el método de prueba para determinar la masa específica y la absorción del agregado grueso. La masa específica puede expresarse como masa específica seca y como masa específica saturada superficialmente seca. La absorción es el incremento en la masa de un agregado seco, cuando es sumergido durante un tiempo determinado a temperatura ambiente. Este aumento de masa es debido al agua que se introduce en los poros del material y no incluye el agua adherida a las superficie de las partículas. Se expresa como por ciento de la masa seca y es el índice de la porosidad del material.

1.- Aparatos y Equipo.

- Balanza y/o báscula
- Canastilla de alambre con separación de tejido menor de 3 mm, con dispositivo de alambre delgado para suspenderse.
- Tanque de Agua
- Juego de Cribas
- Probeta Graduada de 500 y 1000 cm³
- Homo con termostato ajustable 110± 5 °C

2.- Preparación de la Muestra.

Se mezcla la muestra perfectamente y se reduce a la cantidad que se necesite para la prueba según el tamaño máximo nominal del agregado, que para nuestro caso es de 3 kg. Se lava todo el material sobre la criba G 4.75 para eliminar los tamaños menores, el polvo y cualquier otro material adherido a la superficie. Se seca a masa constante el material a una temperatura de 110 °C y se deja enfriar a temperatura ambiente hasta que resulte cómodo su manejo. Se determina su masa. A continuación se sumerge la muestra en agua a temperatura ambiente por un período de 24 horas. Se saca el agregado y con una tela se seca superficialmente hasta que la superficie pierda el brillo acuoso con lo que el material queda saturado y superficialmente seco (M_{ss}).

3.- Procedimiento.

Se monta el arreglo de báscula, soporte y canastilla que incluya la rejilla metálica cuando sea necesaria, debe quedar totalmente sumergido en el recipiente con agua sin que roce las paredes y fondo como se muestra en la figura 2.2 y se hace la primera lectura "masa tara" (t). Se introduce la muestra en la canastilla y ambas en el recipiente con agua; se elimina el aire arrastrado y se hace la segunda lectura, masa bruta (b).

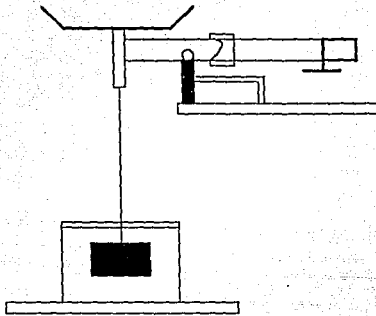


Figura 2.2. Arreglo de báscula, soporte y canastilla para la densidad y absorción del agrgado grueso.

La diferencia entre b y t corresponde a la masa de la muestra sumergida en el agua. La diferencia entre la masa de la muestra en el aire M_{ss} menos la masa de la muestra sumergida en el agua ($b-t$) equivale a la masa del agua desalojada que es su volumen a razón de dm^3 por kg .

$$V = M_{ss} - b + t$$

$$M_{ss} = \frac{M_{ss}}{M_{ss} - b + t}$$

en donde:

V = Volumen del agua desalojada en dm^3

M_{ss} = Masa de la muestra saturada y superficialmente seca kg

b = Masa bruta en kg

t = Masa tara en kg .

M_{ss} = Masa específica y saturada superficialmente seca en Kg/ dm^3 .

Para el cálculo de la absorción, se toma el total de la muestra empleada en la determinación de la masa específica y se seca a masa constante a una temperatura de 110 °C se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su Ms. La absorción se calcula de la siguiente forma:

$$A = \frac{M_{ss} - M_s}{M_s} \times 100$$

donde :

M_{ss}= La masa saturada y superficialmente seca que se obtuvo al determinar la M_{ss} en kg.

M_s= La masa seca en kg

A= la absorción, expresada en por ciento de la masa seca, hasta décimos.

4.- Especificaciones

El Reglamento de Construcción del Departamento del Distrito Federal indica para el Concreto Premezclado las especificaciones de peso volumétrico para diferentes tipos de concretos. La densidad del agregado grueso es un parámetro muy necesario conocer para lograr a través del diseño de mezclas las especificaciones del Concreto Premezclado. Así mismo conocer la absorción del material para el diseño de mezclas, facilita mantener la relación agua cemento constante y el revenimiento según diseño, para evitar problemas de bajos resultados en la resistencia a la compresión del concreto.

4.- NORMA SOBRE LA DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO LIGERO. (NOM C-165)

La norma NOM C-165 establece el método de prueba para la determinación de la masa específica del agregado fino saturado y superficialmente seco y la absorción del agua del agregado fino. Empleándose estos datos para el diseño de la dosificación del concreto con cemento portland. La masa específica aparente saturada y superficialmente seca (M_{ss}) es la relación masa a volumen, considerando la masa de las partículas del agregado saturadas de agua, superficialmente secas y el volumen sólido de las partículas que incluye el

volumen de los poros que se encuentran dentro de las mismas. La masa específica aparente (Mes) es la relación de la masa A volumen considerando la masa de las partículas secas y el polvo de los sólidos de las partículas que incluye los volúmenes de los poros dentro de las mismas.

1.- Aparatos y equipos.

-Balanza

-Picnómetro: Recipiente en el cual se puede introducir fácilmente el agregado y cuyo diseño asegura que el volumen contenido puede determinarse con una precisión de 0.05% del volumen del picnómetro.

-Molde: debe ser de lámina de metal de tipo inoxidable con un espesor de 0.8 mm y de forma troncocónica, sin fondo.

-Pisón: debe ser metálico, cilíndrico con una masa de 340g y con una superficie de apisonamiento plana y normal al eje longitudinal con diámetro de 25 ± 3 mm.

- Homo de Secado.

2.- Preparación de la muestra.

Se extiende la muestra en una superficie lisa no absorbente, expuesta a una corriente de aire caliente que no arrastre los finos de la muestra y se remueve con frecuencia, para asegurar una evaporación uniforme de la humedad superficial. Se fija el molde con su boca mayor hacia abajo sobre una superficie tersa y se llena hasta copetear con una porción de la muestra, se enrasa y se compacta por la masa propia del pisón, colocándolo suavemente 25 veces, sin altura de caída, sobre la superficie enrasada de la muestra, volviendo a enrasar cada vez que se requiera. A continuación se levanta el molde verticalmente; si el material conserva la forma del molde es que el agregado todavía tiene humedad superficial. Se continua revolviendo la muestra y evaporando hasta que en la siguiente prueba el material no conserve la forma del molde.

3.- Procedimiento

Para determinar la Messs se determina primero, la masa del picnómetro lleno con agua hasta su nivel de aforo secado superficialmente (C). Se determina la masa de un volumen de muestra, cuyo volumen sea entre

uno y dos terceras partes del picnómetro (D). Esta masa se introduce en el picnómetro y se agrega agua hasta cubrirla. El picnómetro bien tapado se gira, agita e invierte para eliminar todas las burbujas de aire; después se llena con agua hasta su nivel de aforo, se seca superficialmente y se determina la masa de la muestra empleada (E) se calcula su resultado según la siguiente fórmula:

$$M_{\text{mess}} = D / (C + D - E)$$

donde:

M_{mess} es la masa específica saturada superficialmente seca en g/cm³.

C= Masa del picnómetro lleno de agua en gr.

D= Masa de la muestra usada en gr.

E= Masa del picnómetro con la muestra y lleno de agua en gr.

Para el cálculo de la absorción se toma otra muestra preparada según la descripción en el inciso 2 con una masa no menor de 200 gr se determina su masa (F) y se seca a masa constante a una temperatura de 100 a 110 °C se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su masa (G). La absorción se calcula con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{F - G}{G} \times 100$$

en donde :

A = Porcentaje de absorción en base a la masa del agregado

F = Masa de la muestra superficialmente seca en gr.

G = Masa de la muestra seca en gr.

La masa específica seca se calcula con:

$$M_{\text{es}} = M_{\text{mess}} / (1 + A/100)$$

4.- Especificaciones

Al igual que para el agregado grueso, las especificaciones de densidad y absorción de los agregados no existen, mas sin embargo, mantienen relación directa con las especificaciones del Reglamento de Construcción del DDF en cuanto a la densidad del concreto. Así mismo conocer la absorción del material para el diseño de mezclas, facilita mantener la relación agua cemento constante y el revenimiento según diseño, para evitar problemas de bajos resultados en la resistencia a la compresión del concreto.

5.- NORMA SOBRE LA PERDIDA POR LAVADO (NOM C-84)

La Norma NOM C-84 especifica el método de prueba para determinar el contenido de partículas más finas que la criba F 0.075 (#200) por medio de lavado. Las partículas de arcilla y otras que se dispersan en el agua de lavado y las que sean solubles en agua, también se separan durante ésta prueba.

1.- Materiales y Equipo

- Balanza con sensibilidad de 0.1% de la masa de la muestra que se ensaye.
- Juego de cribas armadas de tal forma que la inferior sea la F 0.075 (#200) y la superior la M 1.18.
- Recipiente : Vaso de tamaño suficiente para contener la muestra cubierta con agua y que permita una agitación vigorosa sin que pierda nada de la muestra ni del agua.
- Homo

2.- Preparación de la muestra

La muestra se humedece para disminuir la segregación y pérdida de polvo, se mezcla. La masa del espécimen de prueba debe ser igual a la siguiente relación:

Tamaño Máximo	Nominal	Masa Máxima (g)
M 2.36		100
G 4.75		500
G 9.5		2000
G 19.0		2500
G 38.0		5000

3.- Procedimiento

Se seca la muestra a masa constante a una temperatura de 110 °C y se obtiene su masa. Se coloca en un recipiente y se agrega suficiente agua hasta que quede totalmente cubierto (el agua que se utiliza en esta operación no debe contener ningún detergente ni ningún otra sustancia extraña). Se agita vigorosamente de modo que se obtenga una completa suspensión de todas las partículas mas finas que la malla de la criba F 0.075 (#200) e inmediatamente verter el agua de lavado que contiene los sólidos suspendidos y disueltos, sobre las cribas armadas. Se agrega una segunda carga de agua al material que quedó en el recipiente, se agita y se vacía sobre las cribas. Se repite esta operación hasta que el agua de lavado se vea limpia. Se seca la muestra a masa constante en temperatura de 110 °c y se determina su masa.

La cantidad de material que pasa la criba F 0.075 por lavado hasta decimos de porciento se calcula con la siguiente fórmula

$$A = (B - C) / B \times 100$$

en donde:

A = Porcentaje de material más fino que la criba F 0.075

B = Masa original de la muestra seca. gr

C = Masa de la muestra seca después de lavada en gr.

4.-Especificaciones

El límite máximo de contaminación de material que pasa la malla F 0.075 (#200) es de 2% de la masa original en la prueba. El agregado que quede fuera de ésta especificación puede utilizarse si existen antecedentes de su empleo en concretos de propiedades semejantes elaborados con agregados del mismo banco que acusan un resultado satisfactorio.

6.- NORMA PARA LA DETERMINACION DE LAS PARTICULAS DE ARCILLA (NOM C 71)

La Norma C-71 establece el método de prueba para la determinación de la cantidad aproximada de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados naturales.

1.-Aparatos y equipos

- Balanzas con sensibilidad de 0.1% y 0.2% de la masa de la muestra.
- Recipiente no corrosibles que permitan extender la muestra en su fondo.
- Juego de Cribas
- Horno de Secado con circulación de aire capaz de mantener una temperatura de 105 °C.

2.-Preparación de la muestra

Para tener la cantidad necesaria que requiere ésta prueba es necesario combinar el material de varias pruebas. El agregado debe secarse en el horno a 105°C a una masa constante. La muestra del agregado fino debe consistir de partículas mayores que la criba M 1.18 y no debe tener una masa menor de 100 gr. Las muestras de agregado grueso debe prepararse en tamaños diferentes empleando las cribas siguientes: G4.75, G19.0, G38.1. Con una masa de 3000 gr.

3.- Procedimiento.

Se determina la masa de la muestra de la prueba, extendiendo en el fondo del recipiente, se cubre el agregado con agua destilada y dejar que se sature en un período de 24 más menos 4 horas.

Cualquier partícula que pueda desmenuzarse con los dedos y convertirse en finos que puedan separarse por cribado por lavado se deben clasificar como terrones de arcilla. Para desmenuzar las partículas deben frotarse con presión entre las yemas de los dedos pulgar e índice. No deben emplearse las uñas para romperse las partículas, no deben comprimirse sobre una superficie dura. Después de que las partículas fácilmente

identificables de terrones de arcilla y se hayan desintegrado, sepárese el residuo del resto de la muestra por cribado con agua sobre las cribas que se indican:

*Para agregado grueso tamaño de 20 a 40 mm criba G4.75

*Para agregado fino (retenido en la criba M1.18) M 0.850

Las partículas retenidas se deben recuperar cuidadosamente de la criba y se secan a masa constante a una temperatura de 105 °C se dejan enfriar y se determina su masa con una aproximación del 0.2% de la masa original de la muestra. Los cálculos para determinar el porcentaje de terrones de arcilla en el agregado fino o en los tamaños individuales del agregado grueso, como sigue:

$$P = (M - R) / M \times 100$$

en donde :

P = Porcentaje de terrones de arcilla.

M = Masa de la muestra de prueba (para los agregados finos la masa de la porción más gruesa que la criba M 1.18)

R = Masa de las partículas retenidas en la criba.

Para los agregados gruesos el porcentaje de terrones de arcilla debe ser el promedio de los porcentajes de las fracciones que pasan en cada criba, determinando su masa, de acuerdo con la granulometría de la muestra original antes de la separación.

4.-Especificaciones

El total de terrones de arcilla máximo permisible en los agregados gruesos y ligeros es del 4% al 10% del total de la masa de la muestra dependiendo la utilización del concreto en los elementos colados, como no expuestos y expuestos a la intemperie, humedad, etc, para efectos del presente trabajo tomaremos el límite menor. El agregado que quede fuera de ésta especificación puede utilizarse si existen antecedentes de su

empleo en concretos de propiedades semejantes elaborados con agregados del mismo banco que acusen un resultado satisfactorio.

7.- NORMA SOBRE LA PRUEBA DE CONTRACCION LINEAL DE LA ARENA

La contracción lineal es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresado como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde el límite líquido hasta la del límite de contracción. La forma de realizar éstas pruebas no se encuentran como norma oficial pero se tienen en las normas de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

1.-Equipo y material necesario.

- Una cápsula de porcelana de doce centímetros de diámetro.
- Una espátula de hoja de acero flexible de doce centímetros.
- Moldes de lámina galvanizada del número 16 de 10 por 2 por 2 centímetros de dimensiones interiores.
- grasa .
- Un calibrador con vernier del tipo Máuser.
- Un horno que mantenga la temperatura constante entre 100 y 110 °C.

2.- Preparación de la Muestra.

La muestra para efectuar la prueba se criba por la malla Num. 40 para obtener una cantidad mínima de 300 gr que pase ésta malla. A la mitad de esta muestra se le agrega agua hasta tener una humedad ligeramente superior al equivalente de humedad de campo y se deja en un recipiente por 24 horas.

3.- Procedimiento.

Se procede al llenado del molde prueba que deberá haber sido engrasado anteriormente para evitar que se adhiera material a las paredes. El llenado de los moldes se efectuará en tres capas golpeando en cada ocasión el molde contra una superficie dura, procurando que el molde reciba el impacto en toda su base, esta operación

deberá continuarse hasta lograr la expulsión casi total de aire. Al final se enrasa el material en el molde utilizando una espátula. Deberá dejarse secar la barra al aire hasta que se color cambie de obscuro a claro y a continuación, se pondrá a secar el horno por un período de dieciocho horas, aproximadamente finalmente con el calibrador se medirá la longitud del material seco y la longitud interior del molde.

Se calcula la contracción lineal de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C.L. = \frac{(L1 - L2) \times 100}{L}$$

L

en donde:

C.L. es el porciento de contracción lineal respecto a la longitud original de la barra de suelo húmedo.

L1 es la longitud del molde, o sea de la barra de la muestra húmeda.

L2 es la longitud de la barra de la muestra seca.

4.- Especificaciones

La especificación sobre el porcentaje máximo de contracción lineal para el agregado fino se encuentra en el reglamento de construcción del Departamento del Distrito Federal y establece un máximo de 3%.

La mayoría de las especificaciones a las que nos hemos referido durante la descripción de las normas son muy tolerables, debido a que en construcciones fuertes de obra se permite a juicio del Director de Obra la garantía escrita del fabricante de concreto que los materiales cumplen con los requisitos aquí señalados, así como los límites máximos del material fino que pasa la malla F 0.075 (#200) y la contracción lineal de éste material pueden modificarse si se comprueba que con los nuevos valores se obtiene concreto que cumpla con los requisitos de módulo de elasticidad, contracción por secado y deformación diferida establecidos en el reglamento del DDF.

2.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION Y OFERTA DE MATERIALES EN LAS MINAS PARA UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO.

Para el presente estudio y con objeto de no extenderse demasiado solo se presentan la oferta de los materiales utilizados para el concreto de mayor demanda sin considerar agregados para concretos especiales como arena roja, grano de mármol, grava caliza, etc. Se estudia la oferta de arena adséptica y grava de tamaño máximo nominal de 20 milímetros o 3/4 de pulgada.

La capacidad de producción en cada una de las minas depende en forma directa de sus instalaciones que en la mayoría de las minas se encuentran en mal estado y por lo tanto presentan frecuentes problemas de servicio al cliente. Depende así mismo de las características propias del banco por lo cual habrá minas que tengan fuerte oferta de arena y nula oferta de grava. En la Ciudad de México como ya se mencionó en el principio del presente capítulo se distinguen tres principales zonas de bancos de materiales: Texcoco (Oriente), Huixquilucan-Cuajimalpa (Poniente), y Santa Fe (Sur- Poniente).

1.- ZONA SANTA FE.

La zona de Santa Fe se caracteriza por ser una zona con existencia a corto plazo, pues tienden a desaparecer por políticas del uso del suelo, el cual se vuelve a cambiar a zona habitacional y de servicios. Es una zona con Materiales contaminados por los tiraderos de Santa Fe, zona muy comercial, se tiene alta venta de contado y tiene distancias muy cortas a la mayoría de las plantas de concreto lo cual encarece el precio del material.

1.- MINA A

Se caracteriza por instalaciones relativamente nuevas, de buen aspecto con capacidades de producción de 1500 m³ al día en arena y 1000 m³ de grava al día. Su oferta para la empresa es no mayor a 200 m³ en cada material al día debido a compromisos y ventas fuertes de contado. Parece mantener uniformidad en su calidad. Se localiza en la zona de Santa Fe.

2.- MINA B

Localizada a un costado de la anterior explotando el mismo banco con características muy semejantes a la mina A en su calidad, con una oferta de 200 m³ al día en cada agregado y capacidad de producción de 2800 m³ al día en arena y grava, con serias limitaciones a futuro por impedimentos gubernamentales, tiende a desaparecer de la zona en algunos años.

3.- MINA C

Localizada en la zona de Santa Fe, con instalaciones en mal estado y sin intenciones de mejorar pues en un cercano futuro tendrán impedimentos gubernamentales para continuar explotando el banco de materiales, tiene una capacidad de producción de 1600 m³ de arena y 1500 m³ de grava, mantiene una oferta constante de 150 m³ en cada material. El servicio y seguridad de abastecimiento a camiones de volteo es muy irregular.

4.- MINA D

Mina muy desconfiable por sus instalaciones y cribado de materiales, tiene una capacidad de 800 m³ al día en grava y no considerable en arena. Su oferta es de 120 m³ al día en grava y nada en arena, tiene serios problemas de servicio en la carga de camiones de volteo, según lo observado.

2.- ZONA CUAJIMALPA-HUIXQUILUCAN.

La zona de Cuajimalpa y Huixquilucan (Estado de México) se caracteriza por ser una zona de bancos con mayor potencial y permanencia en la zona, calidades más constantes y con regulares distancias a las plantas. Huixquilucan es una zona en donde se volverá muy solicitada por los problemas que tendrá Santa Fe y posteriormente Cuajimalpa.

1.- MINA E

Situada en la zona de Cuajimalpa D.F., tiene instalaciones muy confiables por su tamaño y capacidad. Ofrece un servicio rápido en la carga y despacho de unidades, se mantiene como una opción a largo plazo y

con ofertas de material superiores a los 250 m³ para cada agregado al día, con capacidad de producción de 4000 m³ para cada agregado.

2.- MINA F

Ubicada en Cuajimalpa Estado de México se caracteriza por tener altas producciones de grava de 3/8 de pulgada, limitando su producción de grava de 3/4 a 1200 m³ al día y 1000 m³ de arena al día, por localizarse en una zona más lejana y escondida la venta de contado no es un aspecto fuerte, por lo cual ofrece hasta 250 m³ de cada material al día para cada empresa concretera, debido a que varias empresas tienen plantas ubicadas cerca de ésta mina.

3.- MINA G

Localizada en el Estado de México, Municipio de Huixquilucan, con capacidad de producción elevadas mantiene grandes ofertas de material al día para empresas concreteras debido a que se encuentra retirada de la venta de contado y con accesos peligrosos para la circulación de unidades pesadas, siempre mantiene grandes almacenes de material, con lo cual ofrece una carga rápida a unidades. Su oferta ofrecida es de 300 m³ al día de grava y 300 m³ al día en arena.

4.- MINA H

Localizada en la zona de Huixquilucan Estado de México mantiene uniformidad durante el cribado de su material, tiene potencial y fuerte permanencia en la zona, a largo plazo esta mina deberá considerarse de mucha importancia por la problemática de la zona de Santa Fe y Cuajimalpa en menor grado. Tiene capacidad de producción de 4000 m³ de material al día para cada agregado, Ofrece 300 m³ de cada material a la empresa al día.

3.- ZONA TEXCOCO

Las características generales de la zona es la ubicación de las minas que generalmente se encuentran a largas distancias de las plantas de concreto pero con precios más accesibles, tienen larga permanencia en la zona y altas capacidades de producción.

1.- MINA I

Localizada en la zona de Texcoco Estado de México, con instalaciones de gran capacidad de producción de arena, es el principal productor de toda la zona, pero con el grave problema de el servicio en la carga, tiene una alta demanda de material de venta de contado, lo que provoca un cuello de botella en la carga de arena. Por lo cual la oferta ofrecida es baja en relación a su total. Ofrece ofertas de 250 m³ de arena y 250 de grava al día.

2.- MINA J

Situada en la Zona de Texcoco Ixtapaluca, Estado de México, tiene alto potencial y oferta en arena, en grava no ofrece material debido a que explota un banco 75% arenoso. Ofrece hasta 400 m³ al día de arena. Tiene carga por medio de tolvas lo cual permite una fácil y rápida carga, comparada por medio de trascavo, pero al no tener almacén la carga puede representar un problema en los tiempos de viaje mina-planta afectando la capacidad de fletco.

3.- MINA K

Es una mina situada en Texcoco Estado de México, con gran potencial para desarrollarse y mantenerse en la zona, relativamente nueva con poca demanda ofrece hasta 500 m³ de material al día en arena y 200 m³ de grava al día.

4.- MINA L

Ubicada en Texcoco Estado de México, es una mina con instalaciones seminuevas de cribado, producen

cerca de los 2000 m³ al día entre los dos materiales, ofrecen 250 m³ al día en cada material, pueden generar problemas de abastecimiento por las largas filas para la carga de material.

2.3. REALIZACION DE LAS PRUEBAS FISICAS A LAS MUESTRAS DE ARENA Y GRAVA.

Para obtener las muestras de arena y grava de las minas estudiadas, se visitaron cada una de ellas conociendo su capacidad de producción, instalaciones y se muestreo en cada una de ellas del material almacenado, siguiendo la norma para este caso. Se realizaron las pruebas físicas a los agregados con el equipo y ayuda del personal de laboratorio de la empresa de concreto premezclado, siguiendo las normas oficiales para cada característica, resumiéndose en las hojas de control siguientes. Las gráficas en estos controles representan los límites permisibles para la granulometría del material.

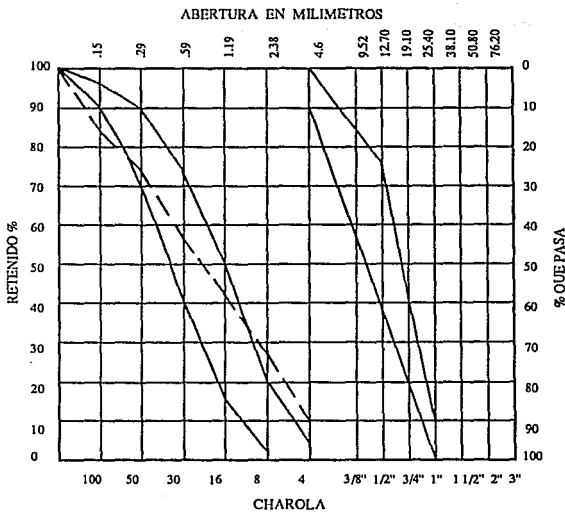
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL <u>ARENA ANDESITA</u>	MUESTRA NUM. _____
ENSAYE NUM. _____	PROCEDENCIA <u>MINA A</u>
PARA USARSE EN _____	ENVIADA POR _____

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1423	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1527	
DENSIDAD APARENTE	2.4	
% ABSORCION	4	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	12	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	0.9	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4	9	9		
No.8	16	25		
No.16	17	42		
No.30	17	59		
No.50	14	73		
No.100	12	85		
No.200	15	100		
CHAROLA				
M.F.	2.93			
G/A				



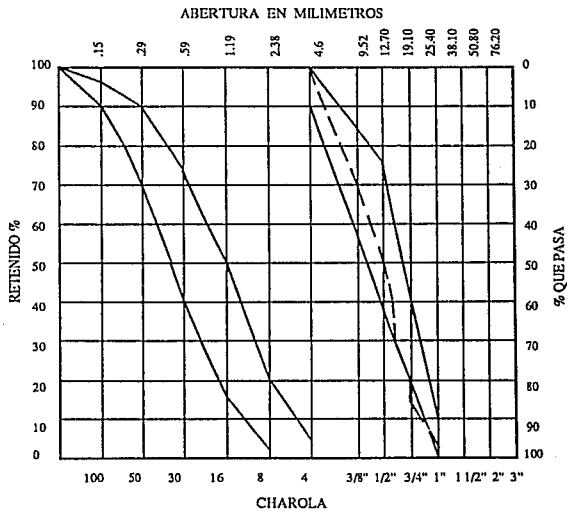
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL <u>GRAVA 3/4 ANDESITA</u>	MUESTRA NUM. _____
ENSAYE NUM. _____	PROCEDENCIA <u>MINA A</u>
PARA USARSE EN _____	ENVIADA POR _____

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1448
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1530
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		5
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		0
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"	3	3		
3/4"	13	16		
1/2"	33	49		
3/8"	22	71		
No.4	29	100		
CHAROLA				
M.F.		6.9		
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



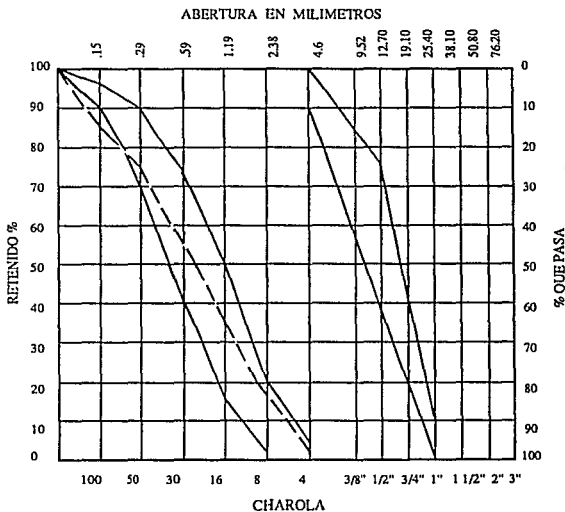
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA	MUESTRA NUM.
ENSAYE NUM.		
PROCEDENCIA	MINA B	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1316	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1458	
DENSIDAD APARENTE	2.31	
% ABSORCION	5	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	2	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	13	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	2	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4	4	4		
No.8	13	17		
No.16	20	37		
No.30	20	57		
No.50	17	74		
No.100	14	88		
No.200	12	100		
CHAROLA				
M.F.		2.77		
G/A				



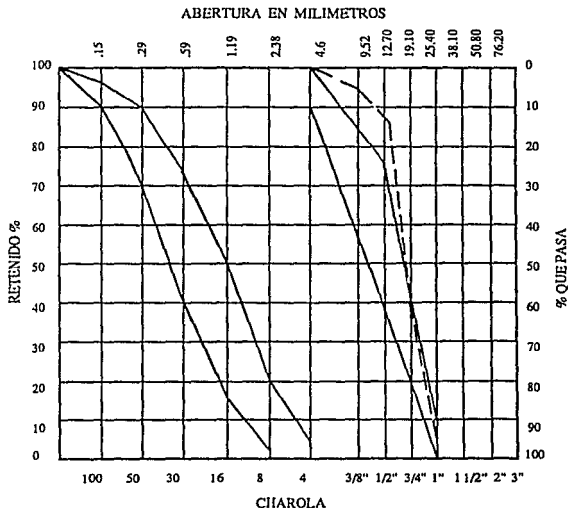
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL _____ GRAVA 3/4 ANDESITA _____	MUESTRA NUM. _____
ENSAYE NUM. _____	PROCEDENCIA _____ MINA B _____
PARA USARSE EN _____	ENVIADA POR _____

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1190
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1252
DENSIDAD APARENTE		2.32
% ABSORCION		6
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		0
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"	6	6		
3/4"	29	45		
1/2"	41	86		
3/8"	9	95		
No.4	5	100		
CHAROLA				
M.F.	7.46			
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



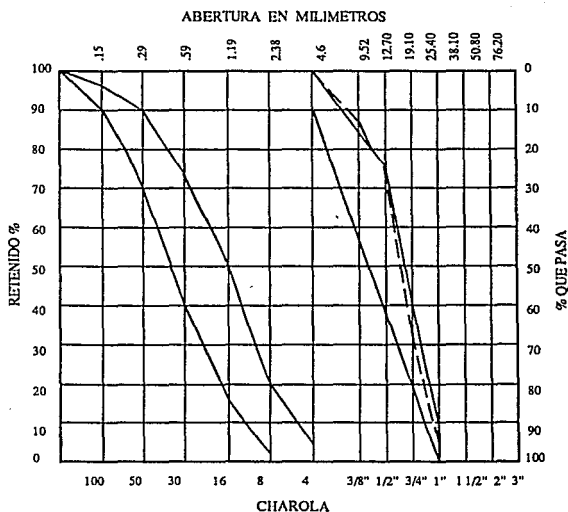
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL _____ GRAVA 3/4 ANDECITA _____	MUESTRA NUM. _____
ENSAYE NUM. _____	PROCEDENCIA _____ MINA C _____
PARA USARSE EN _____	ENVIADA POR _____

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1294
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1417
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		4
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		-
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		-
% DE ARENA		-
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"		4		
3/4"	29	35		
1/2"	38	73		
3/8"	13	86		
No.4	14	100		
CHAROLA				
M.F.		7.28		
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



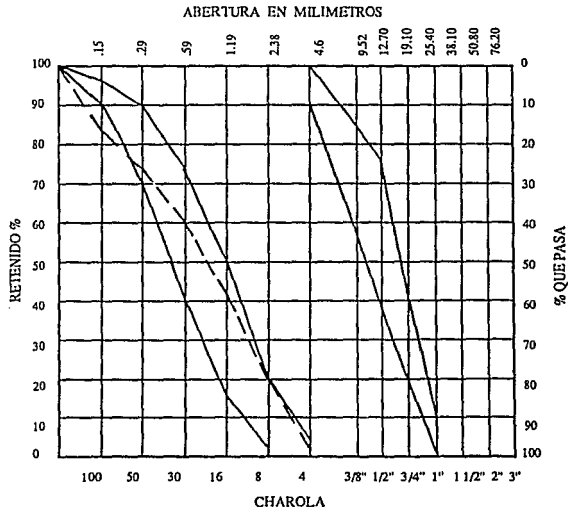
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA		
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.	
PROCEDENCIA	MINA D		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1305	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1415	
DENSIDAD APARENTE	2.29	
% ABSORCION	2.3	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	10	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1.5	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4	5	5		
No.8	15	20		
No.16	23	43		
No.30	17	60		
No.50	14	74		
No.100	12	86		
No.200	14	100		
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



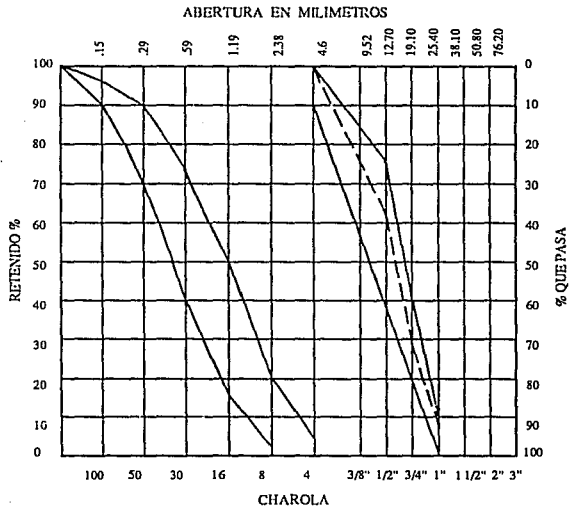
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA 3/4 ANDESITA	MUESTRA NUM.
ENSAYE NUM.		
PROCEDECENCIA	MINA D	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1314
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1448
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		4
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		-
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		-
% DE ARENA		-
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"	6	6		
1/2"	21	27		
3/8"	36	63		
No.4	13	76		
No.4	24	100		
CHAROLA				
M.F.	7.09			
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



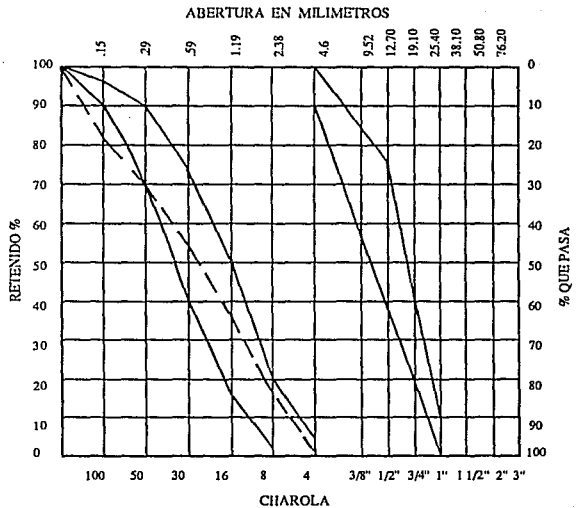
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA	MUESTRA NUM.
ENSAYE NUM.		
PROCEDENCIA	MINA E	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1401	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1540	
DENSIDAD APARENTE	2.44	
% ABSORCION	1	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	20	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	0.8	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4	2	2		
No.8	14	16		
No.16	20	36		
No.30	19	55		
No.50	15	70		
No.100	12	82		
No.200	18	100		
CHAROLA				
M.F.	2.61			
G/A				



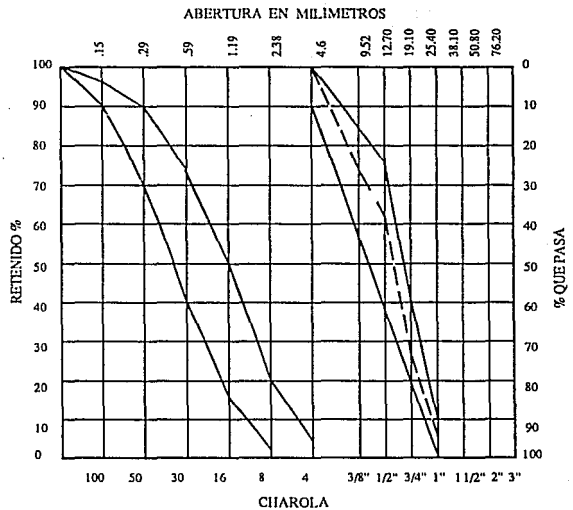
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL <u>GRAVA 3/4 ANDESITA</u>	MUESTRA NUM. _____
ENSAYE NUM. _____	PROCEDENCIA <u>MINA E</u>
PARA USARSE EN _____	ENVIADA POR _____

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1366
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1469
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		4
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		-
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		-
% DE ARENA		-
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"		7		
3/4"	20	27		
1/2"	34	61		
3/8"	15	76		
No.4	24	100		
CHAROLA				
M.F.		7.1		
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



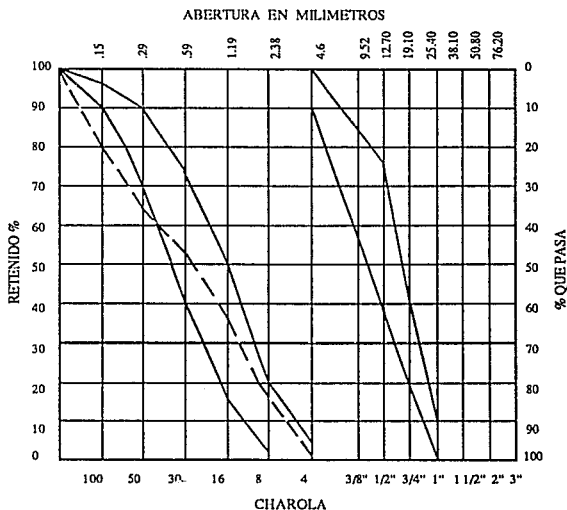
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL _____ ARENA ANDESITA	MUESTRA NUM. _____
ENSAYE NUM. _____	_____
PROCEDENCIA _____ MINA F	_____
PARA USARSE EN _____	_____
ENVIADA POR _____	_____

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1476	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1642	
DENSIDAD APARENTE	2.40	
% ABSORCION	3	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	16	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1.0	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4		2		
No.8	15	17		
No.16	20	37		
No.30	17	54		
No.50	13	67		
No.100	13	80		
No.200	20	100		
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



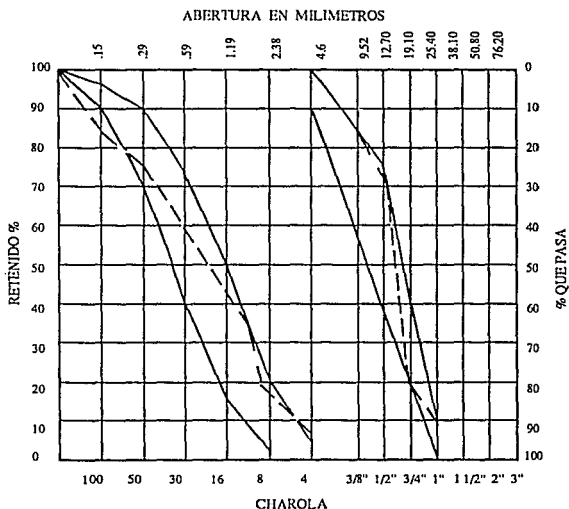
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA ANDESITA 3/4 ARENA ANDESITA		
ENSAYE NUM.	MUESTRA NUM.		
PROCEDENCIA	MINA F		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1283
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1397
DENSIDAD APARENTE		2.41
% ABSORCION		4
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		0
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"	8	8		
3/4"	15	23		
1/2"	50	73		
3/8"	11	84		
No.4	16	100		
CHAROLA				
M.F.	7.16			
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



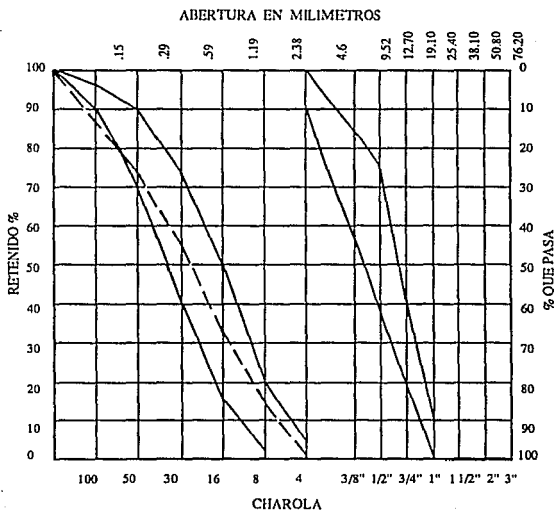
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA	
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.
PROCEDENCIA	MINA G	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRIC SUELTO Kg./m ³	1281	
PESO VOLUMETRIC COMPACTO Kg./m ³	1422	
DENSIDAD APARENTE	2.36	
% ABSORCION	6	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	1	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	14	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1.4	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4		2		
No.8	12	14		
No.16	19	33		
No.30	21	54		
No.50	19	73		
No.100	15	88		
No.200	12	100		
CHAROLA				
M.F.	2.64			
G/A				



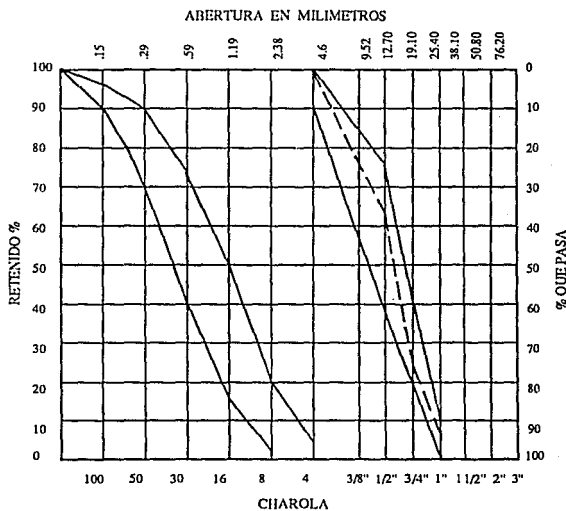
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA 3/4 ANDESITA	MUESTRA NUM.	
ENSAYE NUM.			
PROCEDENCIA	MINA G		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1314
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1448
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		5
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		-
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		-
% DE ARENA		-
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"	6	6		
1/2"	20	26		
3/8"	37	63		
No.4	14	77		
No.4	23	100		
CHAROLA				
M.F.		7.09		
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



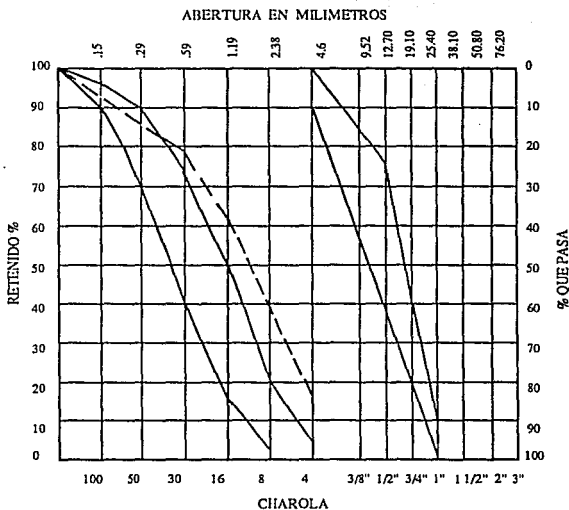
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA	
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.
PROCEDENCIA	MINA H	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ²	1277	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ²	1423	
DENSIDAD APARENTE	2.36	
% ABSORCION	5	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	7	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1.8	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4	17	17		
No.8	23	40		
No.16	23	63		
No.30	16	79		
No.50	8	87		
No.100	7	94		
No.200	6	100		
CHAROLA				
M.F.	3.80			
G/A				



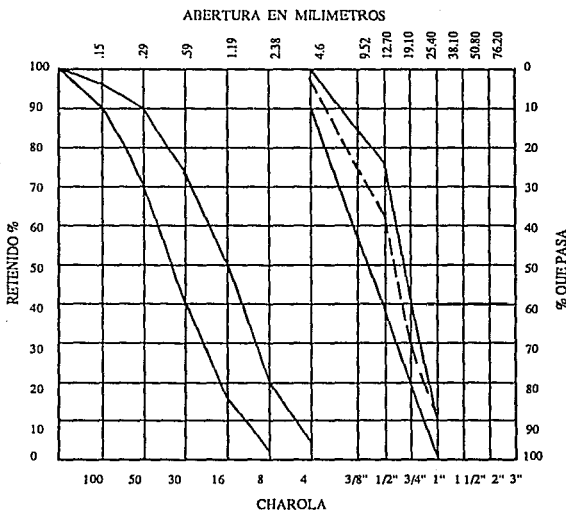
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA ANDESITA 3/4		
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.	
PROCEDENCIA	MINA H		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1324
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1417
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		7
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		0
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"	9	9		
3/4"	22	31		
1/2"	32	63		
3/8"	14	77		
No.4	23	100		
CHAROLA				
M.F.	7.17			
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



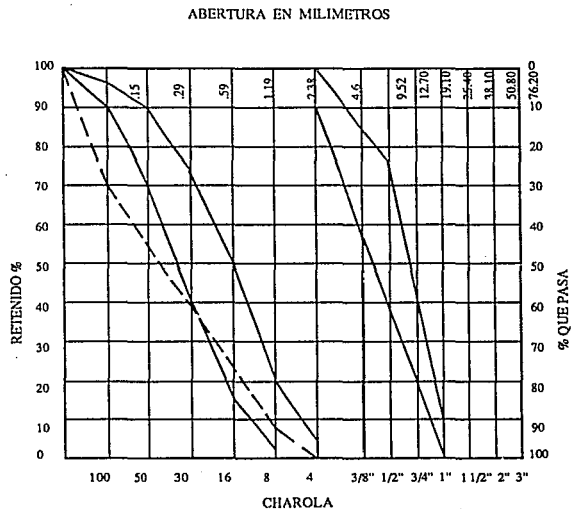
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA		
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.	
PROCEDENCIA	MINA I		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1458	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1671	
DENSIDAD APARENTE	2.39	
% ABSORCION	1	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	13	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	0.6	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4	1	1		
No.8	8	9		
No.16	17	26		
No.30	16	42		
No.50	14	56		
No.100	13	69		
No.200				
CHAROLA	31	100		
M.F.	3.03			
G/A				



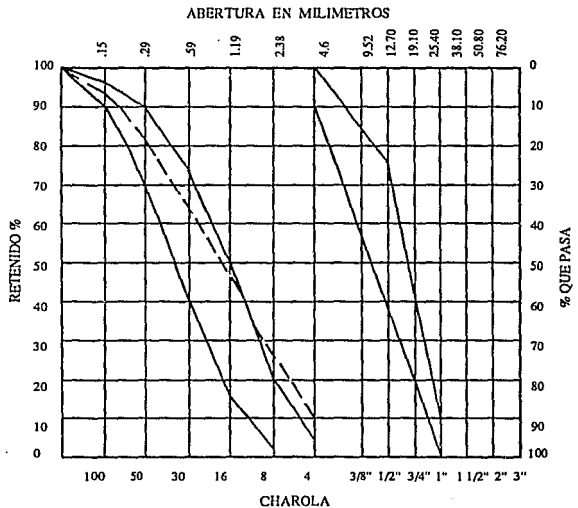
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA	
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.
PROCEDENCIA	MINA J	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1305	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1460	
DENSIDAD APARENTE	2.36	
% ABSORCION	4	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	14	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4		8		
No.8	16	26		
No.1	21	47		
No.30	23	64		
No.50	17	81		
No.100	11	93		
No.200	7	100		
CHAROLA				
M.F.	3.18			
G/A				



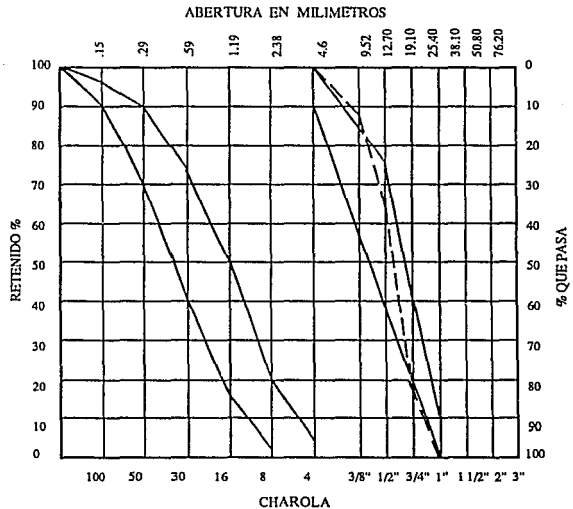
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA 3/4 ANDESITA		
ENSAJE NUM.		MUESTRA NUM.	
PROCEDENCIA	MIÑA J		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1203
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1376
DENSIDAD APARENTE		2.35
% ABSORCION		4
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		0
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"	20	20		
1/2"	46	66		
3/8"	21	87		
No.4	13	100		
CHAROLA				
M.F.	7.07			
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



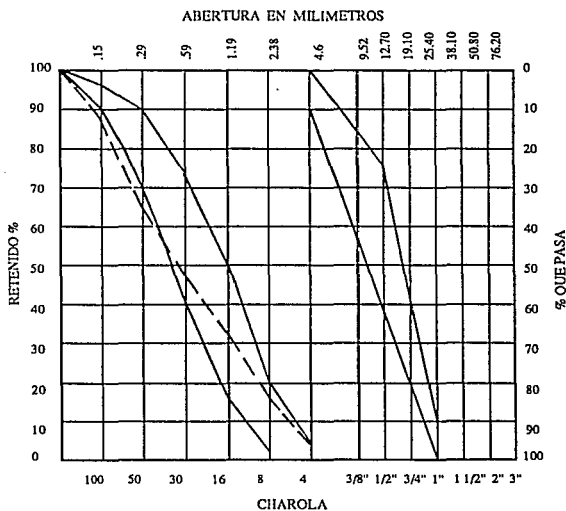
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA		
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.	
PROCEDENCIA	MINA K		
PARA USARSE EN			
ENVIADA POR			

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1380	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1520	
DENSIDAD APARENTE	2.30	
% ABSORCION	3.5	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	12	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1.05	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4		5		
No.8	12	17		
No.16	15	32		
No.30	15	48		
No.50	20	68		
No.100	20	88		
No.200	12	100		
CHAROLA				
M.F.	2.28			
G/A				



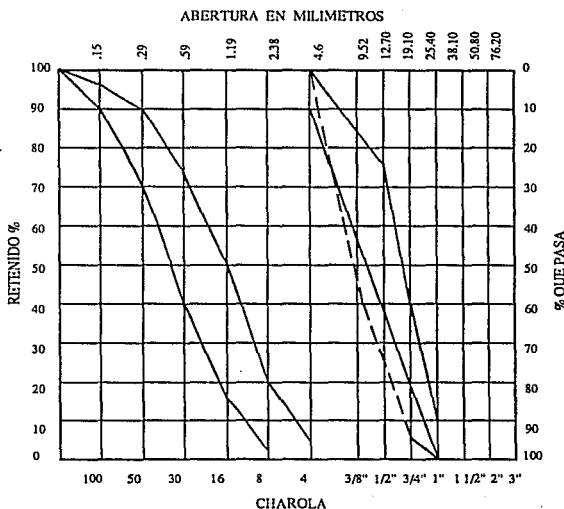
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA 3/4 ANDESITA	
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.
PROCEDENCIA	MINA K	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1284
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1425
DENSIDAD APARENTE		2.32
% ABSORCION		4
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		-
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"	6	6		
1/2"	19	25		
3/8"	22	47		
No.4	53	100		
CHAROLA				
M.F.		6.53		
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



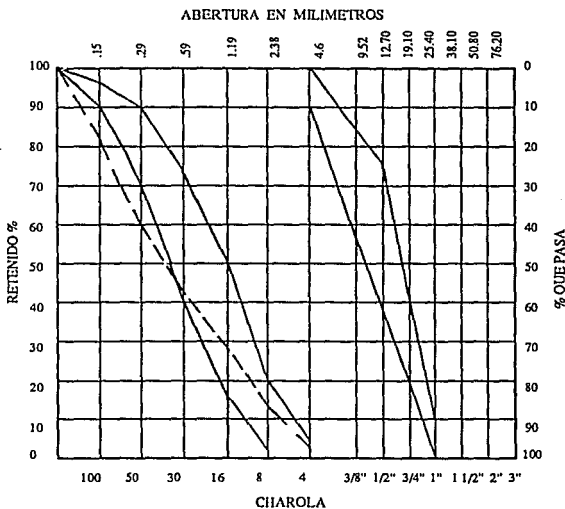
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	ARENA ANDESITA	MUESTRA NUM.
ENSAYE NUM.		
PROCEDENCIA	MINA L	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³	1459	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³	1610	
DENSIDAD APARENTE	2.37	
% ABSORCION	3	
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)	0	
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)	15	
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %	1	

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No.4				
CHAROLA				
M.F.				
No.4		3		
No.8	10	13		
No.16	15	28		
No.30	15	43		
No.50	16	59		
No.100	23	82		
No.200	18	100		
CHAROLA				
M.F.		2.28		
G/A				



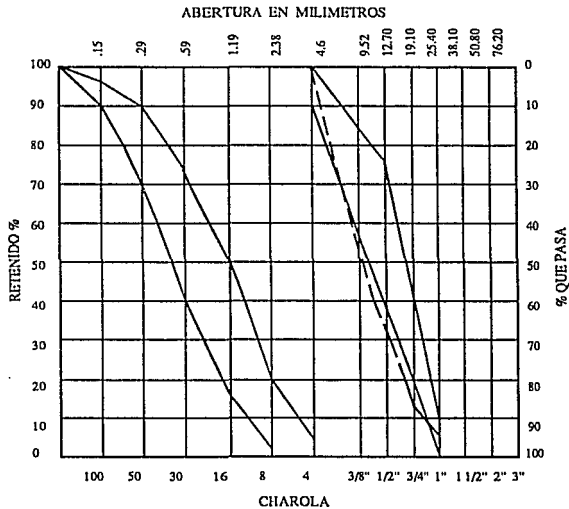
REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICAS

MATERIAL	GRAVA 3/4 ANDESITA	
ENSAYE NUM.		MUESTRA NUM.
PROCEDENCIA	MINA L	
PARA USARSE EN		
ENVIADA POR		

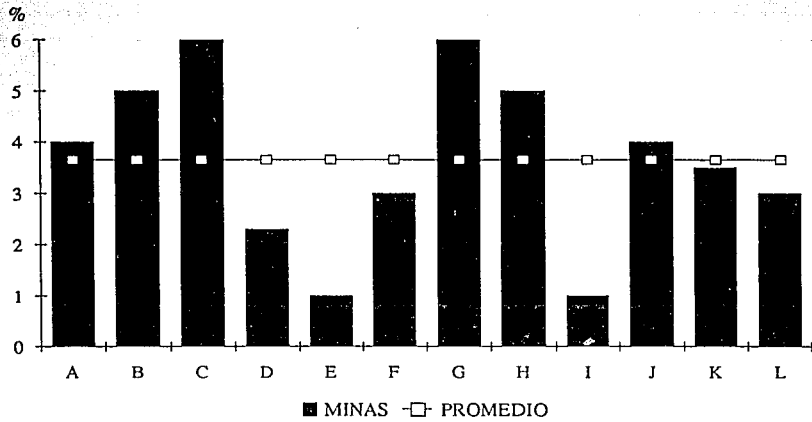
	ARENA	GRAVA
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg./m ³		1414
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg./m ³		1487
DENSIDAD APARENTE		2.38
% ABSORCION		9
MATERIA ORGANICA (COLOR A.S.T.M.)		-
PERDIDA POR LAVADO (P.P.L.)		-
% DE GRAVA		
% DE ARENA		
CONTRACCION LINEAL %		-

COMPOSICION GRANULOMETRICA

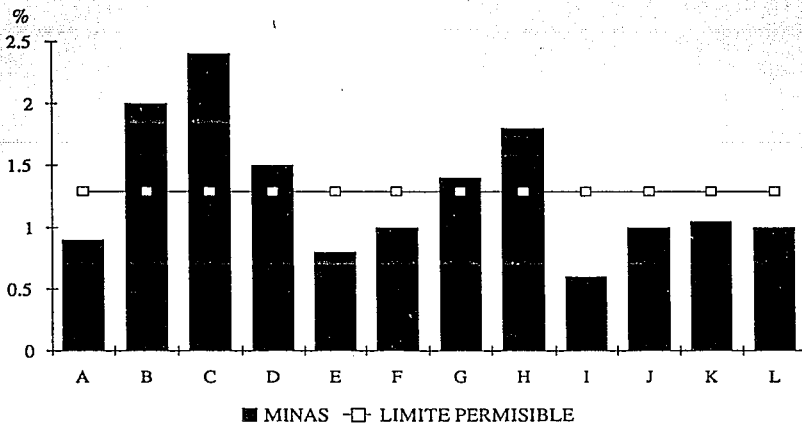
MALLAS	RETENIDOS %			
	SEPARADOS		COMBINADOS	
	RET.	ACUM.	RET.	ACUM.
3"				
2"				
1"		5		
3/4"	8	13		
1/2"	23	36		
3/8"	17	53		
No.4	47	100		
CHAROLA				
M.F.	6.71			
No.4				
No.8				
No.16				
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
CHAROLA				
M.F.				
G/A				



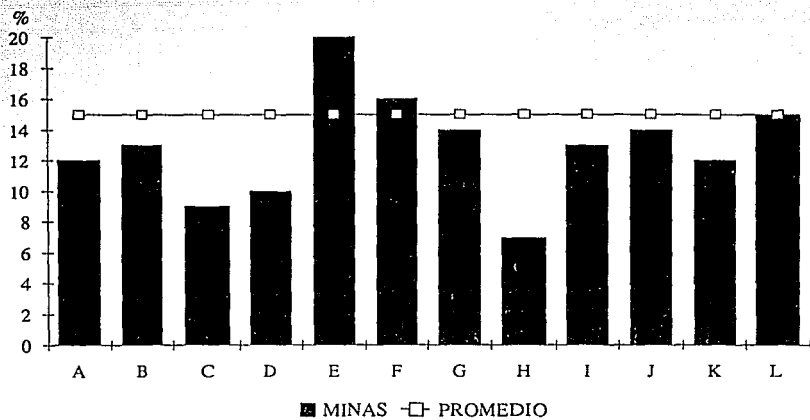
ABSORCION DE ARENAS



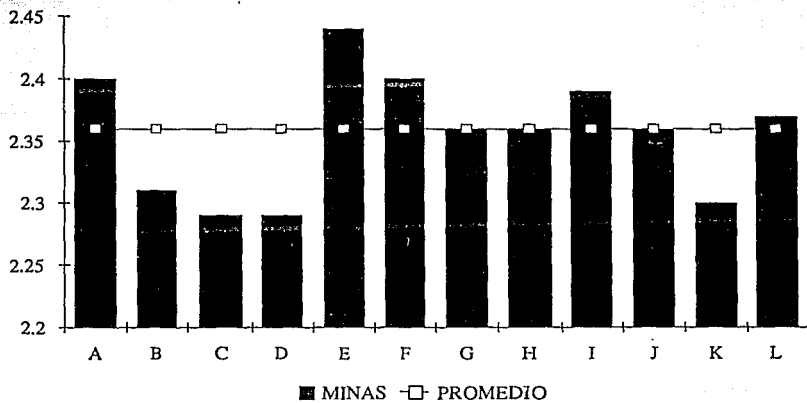
CONTRACCION LINEAL ARENAS



PERDIDA POR LAVADO / ARENAS



DENSIDAD DE LAS ARENAS



CAPITULO III
ALGORITMO DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE

En este capítulo se trata con una clase importante de programas lineales llamado el modelo de transporte. En el sentido obvio, el modelo busca la minimización del costo de transportar una mercancía desde un número de fuentes a varios destinos. Se conocen el abastecimiento en cada origen y la demanda en cada destino. Por ejemplo, un producto puede transportarse de las fábricas (orígenes) a las tiendas (destinos).

Aunque el problema de transporte puede resolverse por el método simplex regular, sus propiedades especiales ofrecen un procedimiento de solución más conveniente. El nuevo procedimiento puede parecer diferente pero puede explicarse directamente en términos del método simplex.

El método más racional basado en la teoría de dualidad es el más fundamental en el sentido de que aclara el hecho de que el modelo de transporte está basado en el método simplex.

3.1. DEFINICION DEL MODELO DE TRANSPORTE .

Suponga que existen m orígenes y n destinos. Sea a_i el número de unidades disponibles para ofrecerse en cada origen i ($i=1,2,\dots,m$) y sea b_j el número de unidades requeridas en el destino j ($j=1,2,\dots,n$). Sea C_{ij} el costo del transporte por unidad en la ruta (i,j) que une al origen i y el destino j . El objetivo es determinar el número de unidades transportadas del origen i al destino j de tal manera que se minimicen los costos totales de transporte. Sea X_{ij} el número de unidades transportadas del origen i al destino j ; entonces el modelo de

programación lineal equivalente está dado como Minimizar $X_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$ sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i, \quad i=1,2,\dots,m \quad \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, \quad j=1,2,\dots,n$$

Al fin de apreciar la estructura especial del modelo de transporte se considera un ejemplo con dos orígenes ($m=2$) y tres destinos ($n=3$). La tabla del programa lineal asociado al problema se muestra en la tabla 3.1.

Todos los elementos que faltan son iguales a cero.

		Variables del origen 1			Variables del origen 2			
	X0	X11	X12	X13	X21	X22	X23	L.D.
Ecuación								
Objetivo	1	-C11	-C12	-C13	-C21	-C22	-C23	0
Restricciones	0	1	1	1				a1
de origen	0				1	1	1	a2
Restricciones	0	1			1			b1
destino	0		1			1		b2
	0			1			1	b3

TABLA 3.1 Ejemplo de programación lineal asociado al problema de transporte.

Todos los coeficientes tecnológicos diferentes de 0 en la tabla 3.1 son iguales a+1. También el arreglo triangular de los coeficientes tecnológicos diferentes de 0 correspondientes a las variables de cada origen es típico del modelo de transporte. Estas son las propiedades especiales que permiten el desarrollo de la técnica conocida como transporte.

La forma rectangular de la tabla 1 no ofrece una solución obvia de inicio. Esta dificultad se evita presentando el problema en una forma mas conveniente. La tabla 3.2 ilustra la nueva presentación para el problema de la tabla 3.1, esta clase de disposición será utilizada para desarrollar la técnica de transporte.

		Destino j			
		1	2	3	
Origen i	1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	C_{13} X_{13}	Oferta a1
	2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	C_{23} X_{23}	a2
Demanda		b1	b2	b3	

TABLA 3.2 Presentación del problema del transporte ejemplificado en la Tabla 3.1.

BALANCEO DEL MODELO DE TRANSPORTE

La definición general del modelo de transporte implica que:

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m X_{ij} \right) = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \right) = \sum_{i=1}^m a_i$$

Esto significa que la oferta en todos los orígenes debe igualar la demanda de todos los destinos. En problemas reales esta restricción no necesita satisfacerse siempre. En otras palabras la oferta disponible puede ser menor que la demanda o puede excederla. En este caso se dice que el modelo no está balanceado.

La restricción $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ se impone únicamente por que es fundamental al desarrollar la técnica de transporte. Sin embargo, cualquier problema real puede balancearse artificialmente convirtiéndolo a un problema con igual oferta y demanda.

Si la demanda excede a la oferta, se aumenta un origen ficticio que suministrará la cantidad de $\text{SUM } b_j - \text{SUM } a_i$. Si existe exceso de oferta se utiliza un destino ficticio para absorber la cantidad excedente $\text{SUM } a_i - \text{SUM } b_j$. Los costos de "transporte" por unidad desde el origen ficticio a todos los destinos son cero ya que esto es equivalente a no transportar desde el origen ficticio. En forma semejante los costos de "transporte" por unidad desde todas las fuentes a todos los destinos ficticios son cero. Físicamente las cantidades enviadas desde un origen ficticio pueden interpretarse como escasez de la demanda, mientras que los asignados a un destino ficticio pueden interpretarse como capacidades no utilizadas en el origen.

Ya que la oferta en un origen ficticio representa escasez en destinos, puede ser deseable asignar costos de penalización (en lugar de ceros) a las entradas de un origen ficticio para reflejar el fracaso del abastecedor para satisfacer las demandas requeridas. Una idea similar se aplica al caso de un destino ficticio.

LA TECNICA DEL TRANSPORTE

Los pasos básicos de la técnica del transporte son:

Paso 1 : Determinar una solución factible básica de inicio.

Paso 2 : Determinar una variable que entra de las variables no básicas. Si todas las variables satisfacen la condición de optimidad (del método simplex) pare; de otra manera, vaya al paso 3.

Paso 3 : Determine una variable que sale (usando la condición de factibilidad) de entre las variables de la solución básica real entonces encuentre la nueva solución básica. Regrese al paso 2.

Estos pasos serán considerados en detalle. El vehículo de explicación es el problema de la tabla 3.3 . El costo de transporte unitario C_{ij} está en unidades monetarias. La oferta y la demanda están dadas en números de unidades.

		1	2	3	4	Oferta
Origen	X_{11}	10	0	20	11	15
	X_{21}	12	7	9	20	25
	X_{31}	0	14	16	18	5

TABLA 3.3 Explicación gráfica al ejemplo utilizado.

Se debe notar que el procedimiento es el mismo que en el método simplex. La principal diferencia ocurre en la forma especial de verificar las condiciones de optimalidad y factibilidad, las cuales surgen principalmente de la estructura especial del modelo de transporte.

SOLUCION BASICA INICIAL

La definición general del modelo de transporte requiere que $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$. Este requisito resulta en

una ecuación dependiente, lo cual significa que el modelo de transporte tiene únicamente $m+n-1$ ecuaciones independientes. Por consiguiente, como en el método simplex una solución factible básica de inicio debe incluir $m+n-1$ variables básicas.

Normalmente, si el método de transporte se formula como la tabla simplex mostrada en la tabla 3.1, sería necesario utilizar variables artificiales para asignar una solución básica de inicio. Sin embargo, cuando se usa la tabla de transporte mostrada en la tabla 3.2, puede obtenerse fácil y directamente una solución básica inicial (factible). En esta sección se presentan tres métodos para éste propósito. Se supone en todos que el modelo de transporte está balanceado.

METODO : " DE LA ESQUINA NOROESTE "

Este método comienza asignando la cantidad máxima permisible por la oferta y la demanda a la variable X_{11} (la que está en la esquina noroeste de la tabla). La columna satisfecha (renglón) se tacha indicando que las variables restantes en la columna tachada (renglón) es igual a cero. Si una columna y un renglón se satisfacen simultáneamente, únicamente uno (cualquiera de los dos) debe tacharse. (Esta condición garantiza localizar automáticamente variables básicas cero si existen). Después de ajustar las cantidades de oferta y demanda para todos los renglones y columnas no tachados, la cantidad máxima factible se asigna al primer elemento no tachado en la nueva columna (renglón). El procedimiento termina cuando exactamente un renglón o una columna se dejan sin tachar. El procedimiento se aplica al ejemplo de la tabla 3.3.

1. $X_{11}=5$, lo cual tacha la columna 1. Por consiguiente ninguna asignación adicional puede hacerse en la columna 1. La cantidad que se queda en el renglón 1 es de 10 unidades.
2. $X_{12}=10$, lo cual tacha el renglón 1 y deja 5 unidades en la columna 2.
3. $X_{22}=5$, lo cual tacha la columna 2 y deja 20 unidades en el renglón 2.
4. $X_{23}=15$, lo cual tacha la columna 3 y deja 5 unidades en el renglón 2.
5. $X_{22}=5$, lo cual tacha el renglón 2 y deja 5 unidades en la columna 4.

6. $X_{34}=5$, lo cual tacha el renglón 3 o columna 4. Ya que únicamente un renglón o una columna permanecen sin tachar, termina así el procedimiento.

La solución básica inicial resultante se da en la tabla 3.4. Las variables básicas son:

$$X_{11}=5, X_{12}=10, X_{22}=5, X_{23}=15, X_{24}=5 \text{ y } X_{34}=5.$$

Las variables restantes son no básicas a nivel 0. Esta solución se ilustra gráficamente en la figura 3.1. El costo de transporte asociado es:

$$(5 * 10) + (10 * 0) + (5 * 7) + (15 * 9) + (5 * 20) + (5 * 18) = \$ 410$$

	1	2	3	4	
1	5	10			15
2		5	15	5	25
3				5	5
	5	15	15	10	

TABLA 3.4 Solución básica inicial.

Cuando tanto una columna como un renglón se satisfacen simultáneamente, la variable siguiente que debe agregarse a la solución básica necesariamente estará en un nivel 0. La tabla 3.5 ilustra este punto. La columna 2 y el renglón 2 se satisfacen simultáneamente. Si la columna 2 se tacha, X_{23} se hará básica a nivel 0 en el siguiente paso, ya que la oferta restante para el renglón 2 es 0 ahora (este caso se muestra en la tabla 3.5). Si en lugar de la columna se tachara el renglón 2, X_{23} sería básica 0.

Las soluciones de inicio de las tablas 3.4 y 3.5 incluyen el número adecuado de variables básicas, a saber, $n + m - 1 = 6$. La regla de la esquina noroeste siempre proporciona el número apropiado de variables básicas.

	1	2	3	4	
1	5	5			10
2		5	0		5
3			8	7	15
	5	10	8	7	

TABLA 3.5 Soluciones básicas en nivel 0.

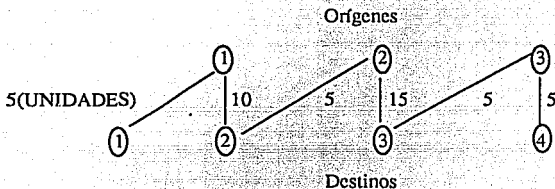


FIGURA 3.1 Variables no básicas a nivel 0.

METODO : "DE COSTO MINIMO"

El método de la esquina noroeste no intenta localizar una buena solución de inicio usando rutas "baratas" en el modelo de transporte. "El método del costo mínimo" está diseñado para aliviar este problema.

El procedimiento es como sigue. Asignar tanto como sea posible a la variable con el costo unitario más pequeño en la tabla completa. (Los empates se rompen arbitrariamente). Tache el renglón o la columna satisfecha. (Como en el método anterior si la columna y el renglón se satisfacen en forma simultánea únicamente uno puede ser tachado). Después de ajustar la oferta y la demanda para todos los elementos no tachados, repita el proceso asignado tanto como sea posible a la variable no tachada con el costo unitario más pequeño. El procedimiento está completo cuando solamente un renglón o una columna está sin tachar.

El problema de transporte en la tabla 3.3 se utiliza de nuevo para ilustrar la aplicación del método de costo mínimo. La tabla 3.6 da la solución resultante de inicio. Los pasos de la solución son los siguientes : X_{12} y X_{31} son las variables asociadas a los costos unitarios más pequeños ($C_{12} = C_{31} = 0$). Rompiendo arbitrariamente el empate, seleccione $X_{12} = 15$, lo cual satisface tanto el renglón 1 como la columna 2.

Tachando la columna 2 la oferta que se deja en el renglón 1 es cero. Ahora X_{31} tiene el costo unitario más pequeño sin tachar, por consiguiente $X_{31} = 5$ satisface tanto el renglón 3 como la columna 1. Tachando el renglón 3 la demanda en la columna 1 es 0. El elemento más pequeño sin tachar es $C_{23} = 9$. Las unidades de oferta y demanda dan $X_{23} = 15$, lo cual tacha la columna 3 y deja 10 unidades de oferta en el renglón 2. El elemento más pequeño sin tachar es $C_{11} = 10$. Ya que la oferta restante en el renglón 1 y la demanda que queda en la columna 1 son ambos cero, $X_{11} = 0$. Tachando la columna 1, la oferta que se deja en el renglón 1 es cero. Las variables básicas restantes se obtienen, respectivamente, como $X_{14} = 0$ y $X_{34} = 10$. El costo total asociado con esta solución es: $(0 * 10) + (15 * 0) + (0 * 11) + (15 * 9) + (10 * 20) + (5 * 0) = \$ 355$, que es mejor (más pequeño) que el proporcionado por el método de la esquina noroeste.

La solución básica en la tabla 3.6 incluye 4 variables positivas y 2 variables 0. Esto significa que la solución básica inicial es degenerada, esto es, al menos una variable básica es igual a cero. La degeneración, sin embargo, no presenta problemas especiales al resolver el problema ya que las variables básicas 0 pueden tratarse como cualquiera de las variables básicas positivas.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

	1	2	3	4	
1	0	10	0	20	11
2		12	7	9	20
3	5	0	14	16	18
	5	15	15	10	
					15
					25
					5

TABLA 3.6 Solución básica inicial degenerada.

METODO : " DE APROXIMACION DE VOGEL " (MAV)

Este método es heurístico y usualmente proporciona una mejor solución de inicio que los demás métodos anteriores. En efecto, la mayor parte del tiempo, el MAV produce una solución de inicio óptimo o cercano a la óptima.

Los pasos del procedimiento son los siguientes:

1. Evalúe una penalización para cada renglón (columna) restando el elemento de costo más pequeño en el mismo renglón (columna) del siguiente elemento de costo más pequeño en el mismo renglón (columna).
2. Identifique el renglón o la columna con la penalización mayor, rompiendo arbitrariamente los empates. Asignar tanto como sea posible a la variable con el costo mínimo en el renglón o columna seleccionados. Ajuste la oferta y la demanda y tache el renglón o la columna satisfechas. Si un renglón y una columna se satisfacen simultáneamente, únicamente uno de ellos se tacha y el renglón (columna) restante se le asigna una oferta (demanda) cero. Cualquier renglón o columna con oferta o demanda cero no deberán ser utilizados al calcular penalizaciones futuras (en el paso 3).

3. (a) Si exactamente un renglón o una columna permanece sin estar tachado, pare.

(b) Si únicamente un renglón (columna) con oferta (demanda) positiva permanecen sin estar tachado, determine las variables básicas en el renglón (columna) por el método de costo mínimo .

(c) Si todos los renglones y columnas no tachados tiene oferta y demanda cero, determine las variables básicas cero por el método de costo mínimo, pare.

(d) En cualquier otro caso calcule las penalizaciones para los renglones y columnas no tachados y después vaya al paso 2. (Note que los renglones y las columnas con oferta y demanda cero no deberán ser utilizados al calcular estas penalizaciones).

El MAV se aplica al problema en la tabla 3.3. La tabla 3.7 muestra el primer conjunto de penalizaciones de renglón y columna. Ya que el renglón 3 tiene la penalización mayor ($=14$) y ya que $C_{31} = 0$ es el conjunto unitario mínimo en el mismo renglón, la cantidad 5 se le asigna a X_{31} . En el renglón 3 y la columna 1 se satisfacen simultáneamente. Suponga que la columna 1 se tacha, la oferta restante para sector 3 es 0 .

	1	2	3	4	Penalidad de renglón
1	10	0	20	11	15 10
2	12	7	9	20	25 2
3	0	14	16	18	5 14
	5	15	15	10	
Penalidad de columna	10	7	7	7	

TABLA 3.7 Conjunto de penalizaciones de renglón y columna (MAV).

El renglón 1 y la columna 3 tienen las mismas penalizaciones. Seleccionando arbitrariamente la columna 3, la cantidad 15 se asigna a X_{31} , se tacha la columna 3 y se ajusta al 10 la oferta en el renglón 2.

Aplicaciones sucesivas del MAV producen $X_{22}=10$ (tache el renglón 2), $X_{12}=5$ (tache la columna 2), $X_{14}=10$ (tache el renglón 1) y $X_{34}=0$ (compruébelo). El costo del programa es de \$ 315, que es óptimo.

La versión dada del MAV rompe empates arbitrariamente entre penalizaciones. Sin embargo, la ruptura de empates puede ser crucial para dar una buena solución inicial. Por ejemplo la tabla 8 si el renglón 1 se elige en lugar de la columna 3, resulta una solución de inicio no tan buena como la anterior (que esta solución es $X_{12}=15, X_{23}=14, X_{24}=10, X_{31}=5$, lo cual proporciona un costo total de \$335). El procedimiento completo del MAV proporciona detalles para romper ventajosamente algunos de estos empates .

	1	2	3	4		
		10	0	20		11
1					15	11
		12	7	9		20
2			15		25	10 2
		0				
3	5				5	0 --
Penalidad	5	15	15	10		
Columna	--	7	11	9		

TABLA 3.8 Procedimiento de ruptura de empates (MAV).

3.2. DEMOSTRACION TEORICO - PRACTICO DE SU CORRECTA APLICACION PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA.

Para conocer la correcta aplicación del Método del Costo Mínimo en la solución del problema de transporte es necesario replantear la matriz del algoritmo de dicho método, en la cual se conocerá el nombre de todas y cada una de las variables que se encuentran en dicha matriz, así como la manera en que se obtienen algunas de ellas que es indispensable conocer para poder empezar a aplicar el método de solución.

ORIGENES

		Mina 1	Mina 2	Mina 3.....	Mina n	Oferta
DESTINOS	Planta A	$X_{1A} Y_{1A}$ c_{1A}	$X_{2A} Y_{2A}$	$X_{3A} Y_{3A}$	$X_{nA} Y_{nA}$	a_1
	Planta B	$X_{1B} Y_{1B}$ c_{1B}	$X_{2B} Y_{2B}$	$X_{3B} Y_{3B}$	$X_{nB} Y_{nB}$	a_2
	Planta C	$X_{1C} Y_{1C}$ c_{1C}	$X_{2C} Y_{2C}$	$X_{3C} Y_{3C}$	$X_{nC} Y_{nC}$	a_3

	Planta Z	$X_{1Z} Y_{1Z}$ c_{1Z}	$X_{2Z} Y_{2Z}$	$X_{3Z} Y_{3Z}$	$X_{nZ} Y_{nZ}$	a_n
Demanda		b_A	b_B	b_C	b_Z	SUM b = SUM a

Tabla 3.9. Algoritmo matricial del método del costo mínimo.

Las primeras variables que empezaremos a definir son las que reciben el nombre de Orígenes, en las cuales están contempladas todas y cada una de las minas que nos abastecen ya sea de grava o de arena encontrándose incluidas las ofertas de cada una de estas a las cuales se les asignó el nombre de variables (a Oferta), precedidas del número de mina a que corresponde.

Las siguientes variables a definir son las que reciben el nombre de Destinos, en los cuales están contempladas todas y cada una de las plantas a las cuales hay que surtir de material así como la demanda de cada una de estas, a las cuales se les asignó el nombre de variables (b Demanda), precedidas también de una letra la cual corresponde a una planta a la cual le fue asignada dicha letra.

Unas de las variables mas importantes dentro de esta matriz son aquellas que reciben el nombre de C_{1A} , C_{2A} , C_{1B} , C_{2B} ,..... C_{nZ} , ya que estas representan los costos de transportar un metro cúbico de material de la mina que esta representa por el número, a la planta que esta representa por la letra, las cuales se encuentra en todas las casillas en donde se tiene una coordenada formada por un origen (minas), a un destino (planta).

Dicho costo debe de ser calculado previamente para poder llenar la matriz del algoritmo de transporte, este se obtiene de la suma del precio del material en la mina, con el producto de los kilómetros que hay de la mina uno a la planta uno por el costo actual del flete de \$360/km/m3.

Como un ejemplo, suponemos que en la planta uno el precio de cualquiera de los dos materiales (grava o arena), es de \$20,000, que existe una distancia entre la mina uno y la planta uno de 12 km, y conocemos el costo actual del flete \$360/km/m3 :

$$\text{COSTO} = (\$20,000 \text{ m}^3) + ((12\text{km})(\$360/\text{km}/\text{m}^3))$$

$$\text{COSTO } C_{1A} = \$24,320$$

Así de la misma manera se calculan todos los costos y estos resultados son vaciados a la tabla en las casillas o espacios que corresponden a dichos costos.

La siguiente variable a definir es la que recibe el nombre de SUM b = SUM a, esto significa que para poder aplicar el Método del Costo Mínimo el sistema debe de ser un sistema balanceado es decir que la oferta en

todos los orígenes debe de igualar a la demanda de todos los destinos, por lo cual la sumatoria de la demanda debe de ser igual a la sumatoria de la oferta para que se tenga un sistema balanceado.

En el caso de que dichas sumatorias no sean iguales, debe aplicarse el balanceo del sistema de transporte (explicado anteriormente), el cual consiste en crear un origen (mina) o un destino (planta) ficticio (según la sumatoria de cualquiera de los dos que sea mayor a la otra), para balancear el sistema, es decir que la oferta sea igual a la demanda o en el caso contrario, que la demanda sea igual a la oferta.

Por último definiremos las variables más importantes de la matriz, las cuales se obtienen de aplicar el Método del Costo Mínimo en ésta, el cual se encarga de buscar entre todos los costos aquel que sea el menor y asignar en éste la mayor cantidad de material de la mina correspondiente a la planta correspondiente que forman la coordenada en la cual está ubicado dicho costo mínimo, estas variables son las que aparecen en la tabla como X_{1A} , X_{2A} , X_{1B} , X_{2B} , ..., X_{nZ} .

Una característica importante del Método del Costo Mínimo es que cada vez que hace una interacción vuelve a buscar de entre todos los costos que quedan el que sea el nuevo más mínimo entre estos, si por alguna razón (que ya no se tenga material disponible en la mina que forma la coordenada de ese costo o que ya este satisfecha la demanda de la planta que forma la coordenada), se vuelve hacer otra interacción en la cual se vuelve a elegir otro siguiente costo más mínimo de entre los que van quedando y así sucesivamente hasta que se termina con toda la oferta y toda la demanda, de ahí que sea imprescindible que antes de aplicar el Método del Costo Mínimo el sistema sea un sistema balanceado.

Una vez que ya se terminó con las interacciones (que la demanda está satisfecha por la oferta), se procede a calcular el resultado final conocido con el nombre de Costo Mínimo de Compra.

Este costo se obtiene de la sumatoria de los productos de todos los pares de variables (X^{**})(C^{**}), donde los asteriscos representan uno al número (es decir la mina), y el otro representa la letra (es decir la planta), que

CAPITULO IV

DESARROLLO Y SOLUCION A LA MATRIZ DE OPCIONES DE COMPRA POR EL ALGORITMO DE TRANSPORTE.

4.1. OBTENCION DE LA MATRIZ COMPARATIVA DE OPCIONES DE COMPRA.

En el capítulo II describimos la producción diaria de materiales en las minas. Asimismo se describió la información necesaria para el algoritmo de transporte en el capítulo III.

Para lograr la matriz de opciones de compra de materiales se necesitan tener los siguientes datos:

- 1) Oferta de las minas en arena y grava.
- 2) Demanda de las plantas productoras de concreto en arena y grava.
- 3) Distancia entre todas las minas y todas las plantas.
- 4) Precio de venta de cada material en las minas y costo del flete por m^3/km de material transportado.
- 5) El costo por sobre consumo de cemento para cada material.

El número de minas y la oferta de materiales para una empresa productora fueron obtenidos como datos de la compañía que los tienen con base en situaciones comerciales y estudios de capacidad del proveedor. Estos datos se presentan en metros cúbicos de material disponible por día para la empresa.

MINA	ARENA	GRAVA
A	200	200
B	200	200
C	150	150
D	120	75
E	250	250
F	250	250
G	300	300
H	300	300
I	250	250
J	400	200
K	500	200
L	250	250

TABLA 4.1. Relación de ofertas de material al día en m^3 .

La diferencia de oferta entre arena y grava en una mina obedece a la naturaleza del banco o mina, pudiendo resultar con relaciones entre 60% y 90% arenoso, es decir 60-40 a 90-10 (60% arena por 40% de grava) que es lo más común encontrar en la Ciudad de México.

La empresa en estudio contaba en la fecha del estudio con 12 plantas productoras de concreto ubicadas estratégicamente en la Zona Metropolitana del D.F. y su producción varía de acuerdo a la época del año, a la política e incluso al día de la semana. Para objetos de este estudio se tomarán en cuenta las proyecciones por ventas en volumen de m³ de concreto por mes. Obtenido a partir de esto los requerimientos de material en arena y grava por día. Un inventario de agregados en las plantas ayuda a absorber las variaciones de producción por día, por lo cual el cálculo de volúmenes de concreto y material por día se hace por medio aritmético según la siguiente expresión:

$$\text{DEMANDA ARENA DIA} = \frac{\text{PRODUCCION ESTIMADA CONCRETO MES}}{\text{DIAS HABILES}} * 0.6$$

$$\text{DEMANDA GRAVA DIA} = \frac{\text{PRODUCCION ESTIMADA CONCRETO MES}}{\text{DIAS HABILES}} * 0.75$$

En donde 0.6 y 0.75 representan los factores de uso de arena y grava respectivamente por metro cúbico de concreto producido. La tabla 4.2. muestra las demandas de material por planta.

PLANTA	PRODUCCION ESTIMADA MENSUAL M3 CONCRETO	DEMANDA AL DIA	
		ARENA	GRAVA
1	12000	288	360
2	4000	96	120
3	3000	72	90
4	9000	216	270
5	3200	80	98
6	3000	72	90
7	1500	36	45
8	3000	72	90
9	7000	168	210
10	4000	96	120
11	4000	96	120
12	3000	72	90

Tabla 4.2. Demanda de material por planta por m³.

Las distancias entre todas las plantas y todas las minas se obtuvieron con base en las tarifas de flete vigentes entre minas y plantas. Algunas distancias muy inusuales que el kilometraje no se tenía medido se obtuvo con base en cálculos teóricos acercándose con la asesoría respectiva a la ruta de un trailer, debido a las reglas de tránsito.

Cabe señalar que algunos kilómetros no representan el kilometraje real sino el pactado entre la empresa y el transportista, estos varían debido a que el flete se abarata entre mayor sea la distancia, es decir a mayor kilómetros menor tarifa.

En la tabla 4.3. se muestran los kilómetros comprendidos entre plantas y minas multiplicados por la tarifa obteniendo así el costo de transporte.

M I N A S

	A		B		C		D		E		F	
	KM	*\$360	KM	*\$360	KM	*\$360	KM	*\$360	KM	*\$360	KM	*\$360
1	12	\$4,320	13	\$4,680	13	\$4,680	9	\$3,240	22	\$7,920	23	\$8,280
2	15	5,400	13	4,680	13	4,680	18	6,480	1	360	1	360
3	28	13,680	29	10,440	28	13,680	24	8,640	38	13,680	39	14,040
4	27	9,720	30	10,800	26	9,360	26	9,360	31	11,160	32	11,520
5	38	13,680	29	10,440	39	14,040	34	12,240	48	17,280	49	17,640
6	30	10,800	29	10,440	29	10,440	28	10,080	34	12,240	35	12,600
7	33	11,880	30	10,800	30	11,800	30	10,800	35	12,600	36	12,960
8	42	15,120	35	12,600	35	12,600	45	16,200	40	14,400	41	14,760
9	28	13,680	29	10,440	29	10,440	24	8,640	34	12,240	35	12,600
10	36	12,960	29	10,440	29	10,440	28	10,080	32	11,520	32	11,520
11	30	10,800	29	10,440	29	10,440	28	10,080	32	11,520	32	11,520
12	42	15,120	46	16,560	46	16,560	44	15,840	54	19,440	55	19,800

	G		H		I		J		K		L	
	KM	*360	KM	*360	KM	*360	KM	*360	KM	*360	KM	*360
1	25	\$9,000	25	\$9,000	55	\$19,800	55	\$19,800	55	\$19,800	59	\$21,240
2	4	1,440	20	7,200	75	27,000	75	27,000	75	27,000	79	28,440
3	41	14,760	43	15,480	55	19,800	55	19,800	55	19,800	59	21,240
4	32	11,520	44	15,840	33	11,880	33	11,880	33	11,880	37	13,320
5	51	18,360	53	19,080	30	10,800	24	8,640	30	10,800	34	12,240
6	36	12,960	46	16,560	30	10,800	30	10,800	30	10,800	34	12,240
7	37	13,320	35	12,600	47	16,920	47	16,920	47	16,920	51	18,360
8	37	13,320	41	14,760	50	18,000	50	18,000	50	18,000	54	19,440
9	40	14,400	34	12,240	38	13,680	38	13,680	38	13,680	42	15,120
10	34	12,240	29	10,440	42	15,120	42	15,120	42	15,120	46	16,560
11	34	12,240	29	10,440	42	15,120	42	15,120	42	15,120	46	16,560
12	56	20,160	43	15,480	75	27,000	75	27,000	75	27,000	79	28,440

Tarifa \$ 360 km/m³

Tabla 4.3. Relación de kilómetros de plantas a minas.

El sobreconsumo de cemento necesario para cada material dependiendo sus características físicas se ilustra en la tabla 4.4. y fue obtenido con base en la experiencia técnica en diseño de mezclas de concreto con ayuda de personal calificado. Es decir alguna diferencia en granulometría o en absorción representó un sobreconsumo de cemento de 10 a 30 kilogramos por metro cúbico de concreto. Este sobreconsumo afecta directamente al

costo del concreto pues si hubiera un ahorro de cemento usando un material de mejor calidad (menor absorción, mejor granulometría) la contribución marginal (Precio de venta-gastos variables) es positiva y directamente afectada.

El valor del costo por sobreconsumo se obtiene del precio del cemento por kilogramo más el costo promedio del flete.

MINA	MATERIAL	SOBRECONSUMO	COSTO
A	ARENA	0.00	0.00
	GRAVA	10.00	2,300.00
B	ARENA	20.00	4,600.00
	GRAVA	10.00	2,300.00
C	ARENA	20.00	4,600.00
	GRAVA	0.00	0.00
D	ARENA	0.00	0.00
	GRAVA	0.00	0.00
E	ARENA	0.00	0.00
	GRAVA	10.00	2,300.00
F	ARENA	10.00	2,300.00
	GRAVA	0.00	0.00
G	ARENA	10.00	2,300.00
	GRAVA	5.00	1,150.00
H	ARENA	10.00	2,300.00
	GRAVA	15.00	3,450.00
I	ARENA	0.00	0.00
	GRAVA	0.00	0.00
J	ARENA	0.00	0.00
	GRAVA	0.00	0.00
K	ARENA	0.00	0.00
	GRAVA	0.00	0.00
L	ARENA	10.00	2,300.00
	GRAVA	20.00	4,600.00

TABLA 4.4. Sobreconsumo de cemento por mina y costo.

Una vez encontrados y calculados los valores de precio, flete, tarifa de flete y sobreconsumo, se puede construir la matriz de opciones de compra de Arena y Grava para las diferentes plantas de la empresa productora. Esta matriz es la tabla 4.5.

Cabe mencionar que el costo del sobreconsumo de cemento se encuentra incluido en el Costo Total de cada Mina a cada Planta.

Este COSTO TOTAL representa el costo de comprar, transportar y utilizar un metro cúbico de Arena o Grava para producir el concreto premezclado. Es decir es el costo C_j mencionado en el capítulo anterior.

MINA	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L	
PLANTA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA
1																								
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	16,000	16,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174
Km.	12	12	13	13	13	13	9	9	22	22	23	23	25	25	25	25	55	55	55	55	55	55	59	59
Fl.	4,320	4,320	4,680	4,680	4,680	4,680	3,240	3,240	7,920	7,920	8,280	8,280	9,000	9,000	9,000	9,000	19,800	19,800	19,800	19,800	19,800	19,800	21,240	21,240
C.T.	19,320	21,620	24,680	22,380	24,880	20,280	19,240	19,240	20,100	22,400	23,080	20,780	24,300	23,150	24,300	24,450	28,900	28,900	28,900	28,900	30,100	30,800	32,375	36,014
2																								
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174
Km.	15	15	13	13	13	13	18	18	1	1	1	1	4	4	20	20	75	75	75	75	75	75	79	79
Fl.	5,400	5,400	4,680	4,680	4,680	4,680	6,480	6,480	360	360	360	360	1,440	1,440	7,200	7,200	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	28,440	28,440
C.T.	20,400	22,700	24,680	22,380	24,880	20,280	18,880	18,480	12,540	14,840	15,160	12,860	16,740	15,590	22,500	23,650	36,100	36,100	36,100	36,100	37,300	38,000	39,575	43,214
3																								
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174
Km.	28	28	29	29	28	28	24	24	38	38	39	39	41	41	43	43	55	55	55	55	55	55	59	59
Fl.	10,080	10,080	10,440	10,440	10,080	10,080	8,640	8,640	13,680	13,680	14,040	14,040	14,760	14,760	14,760	14,760	21,240	21,240	19,800	19,800	19,800	19,800	15,480	15,480
C.T.	25,080	27,380	30,440	28,140	30,280	25,680	20,640	20,640	25,860	28,160	28,840	26,540	30,060	28,910	30,780	31,930	27,800	25,800	28,900	28,900	30,100	30,800	32,375	36,014
4																								
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174
Km.	27	27	30	30	26	26	34	34	31	31	49	49	32	32	44	44	33	33	33	33	33	33	37	37
Fl.	9,720	9,720	10,800	10,800	9,360	9,360	12,240	12,240	11,160	11,160	17,640	17,640	11,520	11,520	15,840	15,840	11,880	11,880	11,880	11,880	11,880	11,880	13,320	13,320
C.T.	24,720	27,020	30,800	28,500	29,560	24,960	24,240	24,240	23,340	25,640	32,440	30,140	26,820	25,670	31,140	32,290	19,880	17,880	20,980	20,980	22,180	22,880	244,535	28,094
5																								
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174
Km.	38	38	39	39	39	39	34	34	48	48	49	49	51	51	53	53	30	30	24	24	30	30	34	34
Fl.	13,680	13,680	14,040	14,040	14,040	14,040	12,240	12,240	17,280	17,280	17,640	17,640	18,360	18,360	19,080	19,080	10,800	10,800	8,640	8,640	10,800	10,800	12,240	12,240
C.T.	28,680	28,100	34,040	31,740	34,240	29,640	24,240	24,240	29,460	31,760	32,440	30,140	33,660	32,510	34,380	35,530	18,800	16,800	17,740	17,740	21,100	21,800	23,375	27,014
6																								
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174
Km.	30	30	29	29	29	29	28	28	34	34	35	35	36	36	46	46	30	30	30	30	30	30	34	34
Fl.	10,800	10,800	10,440	10,440	10,440	10,440	10,080	10,080	12,240	12,240	12,600	12,600	12,960	12,960	16,560	16,560	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	12,240	12,240
C.T.	25,800	28,100	30,440	28,500	30,640	26,040	22,080	22,080	24,420	26,720	27,400	25,100	28,260	27,110	31,860	33,010	18,800	16,800	19,900	19,900	21,100	21,800	23,375	27,014

TABLA 4.5 Matriz de opciones de compra con el costo total, en donde \$ representa el precio de venta, Km. los kilómetros de la Mina a la Planta, Fl. el costo del flete por m³ transportado y C.T. el costo total con el sobreconsumo de cemento de la tabla 4.4.

PLANTA	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L			
MINA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA		
7																										
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174		
Km.	33	33	30	30	30	30	30	30	35	35	36	36	37	37	35	35	47	47	47	47	47	47	47	47	51	51
Fl.	11,880	11,880	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	12,600	12,600	12,960	12,960	13,320	13,320	12,600	12,600	16,920	16,920	16,920	16,920	16,920	16,920	16,920	16,920	18,360	18,360
C.T.	26,880	29,180	30,800	28,500	31,000	26,400	22,800	22,800	24,780	27,080	27,760	25,460	28,620	27,470	27,900	29,050	24,920	22,920	26,020	26,020	27,220	27,920	29,495	33,134		
8																										
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174		
Km.	42	42	35	35	35	35	45	45	40	40	41	41	37	37	41	41	50	50	50	50	50	50	50	50	54	54
Fl.	15,120	15,120	12,600	12,600	12,600	12,600	16,200	16,200	14,400	14,400	14,760	14,760	13,320	13,320	14,760	14,760	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	19,440	19,440
C.T.	30,120	32,420	32,600	30,300	32,800	28,200	28,200	28,200	26,580	28,880	29,560	27,260	28,620	27,470	30,060	31,210	26,000	24,000	27,100	27,100	28,300	29,000	30,575	34,214		
9																										
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174		
Km.	28	28	29	29	29	29	24	24	34	34	35	35	40	40	34	34	38	38	38	38	38	38	38	38	42	42
Fl.	10,080	10,080	10,440	10,440	10,440	10,440	8,640	8,640	12,240	12,240	12,600	12,600	14,400	14,400	12,240	12,240	13,680	13,680	13,680	13,680	13,680	13,680	13,680	13,680	15,120	15,120
C.T.	25,080	27,380	30,440	28,140	30,640	26,040	20,640	20,640	24,420	26,720	27,400	25,100	29,700	28,550	27,540	28,690	21,680	19,680	22,780	22,780	23,980	24,680	26,255	29,894		
10																										
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174		
Km.	30	30	29	29	29	29	28	28	32	32	32	32	34	34	29	29	42	42	42	42	42	42	42	42	46	46
Fl.	10,800	10,800	10,440	10,440	10,440	10,440	10,080	10,080	11,520	11,520	11,520	11,520	12,240	12,240	10,440	10,440	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	16,560	16,560
C.T.	25,800	28,100	30,440	28,140	30,640	26,040	22,080	22,080	23,700	26,000	26,320	24,020	27,540	26,390	25,740	26,890	23,120	21,120	24,220	24,220	25,420	26,120	27,695	31,334		
11																										
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174		
Km.	30	30	29	29	29	29	28	28	32	32	32	32	34	34	29	29	42	42	42	42	42	42	42	42	46	46
Fl.	10,800	10,800	10,440	10,440	10,440	10,440	10,080	10,080	11,520	11,520	11,520	11,520	12,240	12,240	10,440	10,440	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	15,120	16,560	16,560
C.T.	25,800	28,100	30,440	28,140	30,640	26,040	22,080	22,080	26,320	24,020	26,320	24,020	27,540	26,390	25,740	26,890	23,120	21,120	24,220	24,220	25,420	26,120	27,695	31,334		
12																										
\$	15,000	15,000	15,400	15,400	15,600	15,600	12,000	12,000	12,180	12,180	12,500	12,500	13,000	13,000	13,000	13,000	8,000	6,000	9,100	9,100	10,300	11,000	8,835	10,174		
Km.	42	42	46	46	46	46	44	44	54	54	55	55	56	56	43	43	75	75	75	75	75	75	75	75	79	79
Fl.	15,120	15,120	16,560	16,560	16,560	16,560	15,840	15,840	19,440	19,440	19,800	19,800	20,160	20,160	15,480	15,480	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	28,440	28,440
C.T.	30,120	32,420	36,560	34,260	36,760	32,160	27,840	27,840	31,620	33,920	34,600	32,300	35,460	34,310	30,780	31,930	35,000	33,000	36,100	36,100	37,300	38,000	39,575	43,214		

TABLA 4.5 Matriz de opciones de compra con el costo total, en donde \$ representa el precio de venta, Km. los kilómetros de la Mina a la Planta, Fl. el costo del flete por m³ transportado y C.T. el costo total con el sobreconsumo de cemento de la tabla 4.4.

4.2. FUNCIONAMIENTO PARA LA SOLUCION DEL PROGRAMA DE COMPUTACION

"MICROMANAGER" A LA MATRIZ DE COMPRA.

Micromanager es actualmente el paquete de computación adecuado para obtener la solución mas óptima de un problema de transporte.

Debido a su fácil manejo y a la confiabilidad de sus resultados es que cuenta con gran preferencia por parte de la gente que tiene que hacer uso de algún paquete de computación para resolver dichos tipos de problemas.

Como ya se menciona anteriormente, su fácil manejo por parte del usuario es lo que lo hace tener gran preferencia ya que cuenta con un menú principal que describe todas las funciones para las que el paquete puede ser utilizado, en este menú se selecciona el tipo de trabajo a resolver, que en nuestro caso es el problema de transporte y para entrar a este basta con teclear la letra " F " para ser llevados al menú de transporte en el cual se le da al usuario una bienvenida.

Una vez ya en el menú de transporte, nos encontramos ante un letrero en el que se explica que en el recuadro se exhibe a este y que se seleccione la opción deseada de dicho menú tecleando el número correspondiente a dicha selección.

En estas opciones encontramos :

Con la opción número uno "1" se muestra información acerca de las instrucciones que se utilizaran mas adelante al hacer una corrida del programa, en dicha información se presenta la instrucción y su función de esta dentro del programa, dicha información queda en una sola pantalla y oprimiendo la tecla de escape "ESC" se sale de la información y regresamos al menú de transporte.

Con la opción número dos " 2 " encontramos un ejemplo de como presenta el programa un problema de transporte (la matriz de costos con ofertas y demandas), y hace una corrida (realiza la solución de dicho problema), y muestra la solución óptima de este, aquí el usuario puede observar la forma en como la máquina realiza las interacciones necesarias para llegar a la solución óptima, y se muestra un letrero en que se pide tiempo de espera. Para que la máquina encuentre la solución, el tiempo de respuesta es muy corto y la solución óptima es presentada.

Con la opción número tres " 3 " aquí el usuario ya puede hacer uso del paquete, en esta opción el problema que se desea resolver ya debe de estar planteado en la hoja de papel para vaciar los datos de la matriz de costos a la computadora. Al entrar a la opción aparece un letrero en el cual se le pregunta al usuario si el problema a resolver es un problema de Maximización (opción " 1 "), o es un problema de minimización (opción " 2 "), una vez ya elegido el tipo de solución parece otro letrero en el que se pregunta el número de orígenes, y en el siguiente letrero se pregunta el número de destinos.

Cabe aclarar que en el paquete se pueden resolver problemas de transporte desbalanceados (explicado en el capítulo cuatro), es decir que si se tiene mas orígenes que destinos o mas destinos que orígenes, o que si se tiene una mayor oferta que una demanda o viceversa el paquete crea un origen o un destino ficticio con el cual balancea el problema, sin dejar de respetar lo establecido en el algoritmo de solución para un problema como estos, que los costos de transportar del origen o destino ficticio o de que se transporte a estos es de cero ya que en la realidad no existen.

Una vez seleccionados los orígenes y los destinos, la máquina procede a preguntar la capacidad con que cuentan cada uno de los orígenes (ofertas), una vez terminadas de teclear las ofertas, proceda a preguntar la capacidad de captación de cada uno de los destinos (demandas), al terminar con las demandas el programa procede a preguntar los costos de transportar del origen uno al destino uno y así sucesivamente hasta que termina con los costos del origen uno al ultimo de los destinos, lo mismo hace para el origen dos y así sucesivamente hasta llegar al origen " n " y completar la matriz de costos con ofertas y demandas.

Una vez terminado de escribir la matriz de costos, presionar la tecla de función F1 para ir a la pantalla de impresión de la matriz de costos y de continuación de la solución óptima. Al presionar la tecla de función F1 por parte del usuario se muestran de inmediato los datos que se están mostrando en pantalla en pantalla dividida, como la matriz de costos y la solución óptima. Al presionar la tecla de función F1 se muestra de exactamente lo mismo.

Ya con la matriz en pantalla aparece el uso de esta opción como una de las opciones de la pantalla principal (uno del menú principal). En las cuales tenemos: Con la opción "F1" el usuario encuentra la solución del problema y al terminar presenta la solución óptima del problema junto con la matriz en la que se puede observar lo asignado de cada origen a cada destino y además de la matriz de costos, aquí aparece otro menú en el que se tiene.

Con la opción "F1" poder mirar las interacciones que hizo la computadora para solucionar el problema hasta llegar a su solución óptima de este aquí se cuenta con dos funciones con las que se puede salir de la pantalla y con la que se puede salir del comando; con la opción "F2" se muestra a continuación la solución del problema en la que se presentan la matriz de costos y la matriz de solución, con el resultado de la solución óptima; con la opción "F3" se graba el problema en disco, con la opción "F4" se puede hacer una búsqueda en cualquier momento sin salir del menú de resultados y con la opción "F5" se está al menú principal del programa.

Con la opción "F2" se pueden realizar cambios en la matriz de costos, los cambios pueden ser en las cantidades en las demandas y en cualquier cosa que se desee cambiar de los datos que se están mostrando, con la opción "F3" se muestra la pregunta si se desea hacer una búsqueda a sí, si se desea hacer una búsqueda se muestra la pantalla de la matriz de costos con los nuevos datos y se vuelve a generar la solución óptima en pantalla.

Con la opción "F4" se puede guardar en disco el problema para poder imprimirlo o para poder usarlo en otro programa. Con la opción "F5" se regresa al menú principal del programa y se muestra de nuevo la pantalla principal.

Una vez ya terminada de teclear la matriz, el paquete presenta a esta en pantalla para que el usuario pueda observar si los costos, las ofertas y las demandas son las vaciadas al paquete ya que pudo existir algún error por parte del usuario al momento de introducir los datos, aquí se puede observar cuando un problema es desbalanceado, como la máquina crea un origen o un destino ficticio y la suma de las ofertas y las demandas da exactamente lo mismo.

Ya con la matriz en pantalla aparece al pie de esta un paquete o menú de opciones (las presentas por la opción uno del menú principal), en las cuales tenemos: Con la opción " F1 " el paquete desarrolla la solución del problema y al terminar presenta la solución óptima del problema junto con la matriz en la que se puede observar lo asignado de cada origen a cada destino y además de la matriz de costos, aquí aparece otro menú en el que se tiene.

Con la opción " F1 " poder mirar las interacciones que hizo la máquina para solucionar el problema hasta llegar a su solución óptima de este aquí se cuenta con dos instrucciones con las que se puede avanzar de pagina y con la que se puede salir del comando; con la opción " F2 " se manda a impresión la solución del problema en la que se presentan la matriz de costos y la matriz de solución, con el resultado de la solución óptima; con la opción " F3 " se graba el problema en disco, con la opción " F4 " se puede hacer otra corrida de otro problema sin salir del menú de transporte y con la opción " F5 " se sale al menú principal del programa.

Con la opción " F2 " se pueden realizar cambios a la matriz de costos, los cambios pueden ser en las ofertas, en las demandas o en cualquiera de los costos de transportar de algún origen a algún destino, una vez hechos los cambios pregunta si se desea hacer otro cambio si es así, regresa a las opciones de cambio y si no presenta la matriz de costos con los nuevos ajustes y se vuelve a presentar el menú descrito en la opción " F1 "

Con la opción " F4 " se puede ejecutar la solución de otro problema ya que regresa la menú de transporte y con la opción " F5 " se regresa al menú principal de Micromanager en el cual existe la salida del paquete con oprimir la tecla de escape " ESC ".

Las ventajas que presenta Micromanager además de ser de fácil acceso y manejo por parte del usuario cuenta con un tiempo de respuesta cortísimo (Máximo cinco segundos), dependiendo de la cantidad de orígenes y destinos ya que esto determina la cantidad de interacciones que la máquina tiene que realizar y sobre todo que la solución óptima que el programa presenta definitivamente es la mas óptima ya que al realizar pruebas de escritorio en las que de modo manual se buscaba otra solución al parecer mas óptima que la que presenta el paquete, al final el costo total de transporte (solución óptima), resultaba ser mayor que la presentada por éste.

Con la opción " 4 " del menú de transporte sirve para llamar algún documento (problema), que se halla gravado en disco, ya dentro de la opción presenta un listado de los documentos almacenados en este y pide que se teclee el nombre del documento que se desea consultar, al hacerlo, la máquina pregunta una vez mas si es el nombre correcto presentando a este y cuenta con la opción de " Y " si es correcto y lo presenta en la pantalla y con la opción de " N " y vuelve a pedir que se teclee el nombre deseado.

Por último, se cuenta este menú con la opción de " ESC " con la que se regresa al usuario al menú principal del paquete.

MICRO MANAGER SOFTWARE

Programs Available From Menu #1

A	Break-Even Analysis	H	Goal Programming
B	Linear Programming I	I	Decision Making Under Risk
C	Linear Programming II	J	Decision Tree
D	All Integer Programming	K	Decision Making Under Uncertainty
E	Zero One Programming	L	Bayes Decision Rule
F	Transportation	M	Intro Menu #2
G	Assignment	Esc	Exit to DOS

Please enter letter of program desired →

Welcome to transportation

YOUR CHOICE -

Program menu is show in the box.

Select the program you want.

Type the option number (1, 2, 3, 4, or ESC) here

*****PROGRAM MENU*****

1. Information
 2. Sample problem
 3. Interactive Input
 4. Batch Input (To Read Input Data From File)
- ESC - To return To the Main Menu

PROGRAM: Transportation

Command	Description
GO	To obtain solutions. Available only after display of input and before output. Available only one time during the operation.
CHANGE	To correct the input data entered. Available only after display of input and before output.
LOOK	To review the whole program running session by turning pages back and forth. Available only after issuing command GO.
STORE	To store data set. Available only after issuing command Go.
RERUN	To run the same program again. Available at any time.
EXIT	To exit to the main menu. Available at any time.

PROGRAM: Transportation

Enter 1 for maximization or 2 for minimization: 2
Enter number of supply (source) points (greater than 1):
Enter number of supply (source) points (greater than 1): 2
Enter number of demand (destination) points (greater than 1): 2

Enter capacity for supply (source) point 1: 100
Enter capacity for supply (source) point 2: 100

Enter capacity for demand (destination) point 1: 50
Enter capacity for demand (destination) point 2: 150

Enter unit transportation cost for all routes.

From supply 1 to demand 1:

PROGRAM: Transportation

Enter 1 for maximization or 2 for minimization: 2
Enter number of supply (source) points (greater than 1):
Enter number of supply (source) points (greater than 1): 2
Enter number of demand (destination) points (greater than 1): 2

Enter capacity for supply (source) point 1: 100
Enter capacity for supply (source) point 2: 100

Enter capacity for demand (destination) point 1: 50
Enter capacity for demand (destination) point 2: 150

Enter unit transportation cost for all routes.

From supply 1 to demand 1: 20
From supply 1 to demand 2: 12

From supply 2 to demand 1: 25
From supply 2 to demand 2: 47

PROGRAM: Transportation

*****INPUT DATA ENTERED*****

Minimization problem:

	/	1	2	/	Supply
1	/	20	12	/	100
2	/	25	47	/	200
Demand		50	150	/	200

F1 GO F2 CHANGE F3 RERUN F4 EXIT COMMAND

PROGRAM: Transportation

*****PROGRAM OUTPUT*****

	/	1	2	/	Supply
1	/	0	100	/	100
2	/	50	50	/	100
Demand		50	150	/	200

Optimal solution: 4800



F1 LOOK F2 PRINT F3 STORE F4 RETURN F5 EXIT COMMAND →

PROGRAM: Transportation

*****INPUT DATA ENTERED*****

Minimization Problem:

	/	1	2	/	Supply
1	/	20	12	/	100
2	/	25	47	/	200
Demand		50	150	/	200

4.3. SOLUCION A LA MATRIZ POR "MICROMANAGER".

En el Apéndice A aparece la "corrida" o solución al problema por medio del micromanager en su formato original, por facilidad de lectura y comprensión se presenta en otro formato, la solución del problema.

En la tabla 4.6 encontramos los valores de los Costos de transporte de cada mina a cada planta, así como la oferta de cada mina y la demanda de cada planta obtenidas de las tablas de las tablas 4.5 y 4.3 respectivamente. Dicha tabla representa la información general y necesaria, ordenada según se explicó en el capítulo III para la correcta aplicación del Algoritmo del Problema de Transporte. Nótese que se agrega una planta más con demanda de 1806 metros cúbicos de Arena por día para el balanceo del problema, lo cual es "artificial" dando automáticamente costos de cero al transporte de todas las minas a dicha planta ficticia. Se cumple entonces que la sumatoria de todas las ofertas sea igual a la sumatoria de todas las demandas. Este destino o planta (en nuestro caso) es agregado automáticamente por el programa.

La tabla 4.7 contiene en forma esquemática la selección de metros cúbicos a comprar de cada planta a cada mina dando el menor costo posible de transporte. Esta representación gráfica permite visualizar como el programa va asignando iteración por iteración el menor costo a toda la demanda de dicho costo, siempre que la oferta lo permita y eliminando el renglón de oferta o la columna de demanda, lo que ocurra primero dependiendo el caso, tal y como se describe en el capítulo III.

La solución óptima se obtiene de multiplicar la cantidad de material a comprar por su costo y para todas las variables básicas encontradas, representadas en la tabla 4.8.

La ecuación que nos da el Costo Mínimo de Compra es:

En Arena:

$$(200*19320)+(88*20100)+(96*12540)+(72*20640)+(216*19880)+(80*17740)+(34*18800) \\ +(38*19900)+(36*22800)+(66*26580)+(12*20640)+(156*22780)+(96*24220)+(24*24220) \\ +(72*30780)= 28,921,440.$$

En Grava:

$$(25*22380)+(135*20280)+(200*21620)+(120*12680)+(15*25680)+(75*20640)+(250*17880) \\ +(20*20980)+(98*17740)+(45*27080)+(90*27470)+(18*25294)+(192*24680)+(120*24020) \\ +(110*26000)+(10*24020)+(90*31930)= 37,273,072.$$

La interpretación y comparación de este valor óptimo para nuestro caso se trata como una conclusión.

Los valores asignados al destino o planta ficticio se interpreta como el material desechado de las ofertas de algunas minas lo cual result: obvia no utilización.

Una vez explicada la manera de como "corre" el Micromanager procedemos a entrar con la matriz de opciones de compra, las demandas y ofertas todos los datos preguntados por el programa en el orden correspondiente: primero ofertas (source o suply) y demandas (demand o destination), luego la matriz de opciones de compra desde la primera mina a la primera planta hasta la doceava mina a la doceava planta.

Es necesario hacer notar que un error en la entrada de datos generaría una solución errónea por que sugeriría el programa solución confusa, inexplicable y podría generar un costo falso o mayor que el no aplicar este método

a la planeación de la compra y transporte de materiales. Para facilidad de lectura del presente trabajo se presentan tablas a las soluciones que no son de la "corrida" del Micromanager, estas se encuentran en los apéndices con objeto de corroborar los datos.

El programa tardó aproximadamente 6 segundos en encontrar la solución óptima al problema en 12 iteraciones para el caso de la arena y 14 para el caso de la grava, lo cual demuestra su práctica utilización en un problema real de una matriz considerablemente grande para el cálculo manual.

Los resultados óptimos se presentan en el renglón inferior de la corrida original bajo el título de optimal solution y se obtienen de la misma forma explicada en el capítulo anterior, también para efectos de una mejor presentación se desarrolla la Ecuación del Costo Mínimo de Compra a continuación para cada caso. Estos resultados y su análisis se presentan como conclusiones.

La utilización del paquete Micromanager resulta de muy fácil entendimiento, debido a que su sistema de pantallas es amigable, su secuencia de preguntas es sencilla y contiene un paquete de ayuda y ejemplos que facilitan ejercer la filosofía de trabajo del mismo.

PROGRAMA DE TRANSPORTE / ARENA														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	supply
B	24680	24680	30440	30800	34040	34040	30800	32600	30440	30440	30440	36560	0	200
C	24880	24880	30280	29560	34240	30640	31000	32800	30640	30640	30640	36760	0	150
A	19320	20400	25080	24720	28680	25800	26880	3120	25080	25800	25800	30120	0	200
E	20100	12540	25860	23340	29460	24420	24780	26580	24420	23700	23700	31620	0	250
F	23080	15160	28840	26320	32440	27400	27760	29560	27400	26320	26320	34600	0	250
D	19240	18480	20640	21360	24240	22080	22800	28200	20640	22080	22080	27840	0	120
G	24300	26740	30006	26820	33660	28260	28620	28620	29700	27540	27540	35460	0	300
H	24300	22500	36780	31140	34380	31860	27900	3660	27540	25740	25740	30780	0	300
L	30075	37275	30075	22155	31075	21075	27195	28275	23955	25395	25395	32275	0	250
I	27800	35000	27800	19880	18800	18800	24920	26000	21680	23120	23120	35000	0	250
J	28900	36100	28900	20980	17740	19900	26020	27100	22780	24220	24220	36100	0	400
K	30100	37300	30100	22180	21100	21100	27220	28300	23980	25420	25420	27300	0	500
demanda 288	96	72	216	80	72	36	72	168	96	96	72	1806	3170	

TABLA 4.6 Matriz de opciones de compra con el costo total de transporte y debidamente balanceada para su solución.

SOLUCION AL PROBLEMA DE COMPRA Y TRANSPORTE DE ARENA														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	supply
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150
A	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
E	88	96	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	250
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250
D	0	0	72	0	0	0	36	0	12	0	0	0	0	120
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	300
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	228	300
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178	250
I	0	0	0	216	0	34	0	0	0	0	0	0	0	250
J	0	0	0	0	80	38	0	6	156	96	24	0	0	400
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500
demanda 288	96	72	216	80	72	36	72	168	96	96	72	1806	3170	
solución óptima 28921440														

TABLA 4.7 Solución al problema de la Tabla 4.6 según datos obtenidos del MICROMANAGER (Apendice A).

La Tabla 4.8 representa en un formato más accesible la solución al problema de transporte y compra de arena para la matriz de la Tabla 4.6. En esta tabla se pueden referir las conclusiones que más adelante se presentan.

PLANTAS	MINAS A QUE SE DEBE COMPRAR	M3 MATERIAL
1	A	200
	E	88
2	E	96
3	D	72
4	I	216
5	J	80
6	I	34
	J	38
7	D	36
8	E	66
	J	6
9	D	12
	J	156
10	J	96
11	J	24
	L	72
12	H	72

TABLA 4.8 Solución al problema de compra y transporte de Arena.

PROGRAMA DE TRANSPORTE / GRAVA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	supply
B	22380	22380	28140	28500	35740	28140	28500	3300	28140	28140	28140	34260	0	200
C	20280	20280	25680	24960	29640	26040	26400	28200	26040	26040	26040	32160	0	150
A	21620	22700	27380	27020	30980	28100	29180	34420	27380	28100	28100	34220	0	200
E	22400	14840	28160	25640	31720	26720	27080	28880	26720	26000	26000	33920	0	250
F	20780	12860	26540	24020	30140	25100	25460	27260	25100	24020	24020	32300	0	250
D	19240	18480	20640	21360	24420	22080	22800	28200	20640	22080	22080	27840	0	75
G	23150	15590	28910	25670	32510	27110	27470	27470	28550	26390	26390	34310	0	300
H	25450	23650	31930	32290	35550	33010	29050	31210	28690	26890	26890	31930	0	300
L	31414	38614	31414	23494	22414	22414	28534	29614	25294	26734	26734	38614	0	250
I	25800	33000	25800	17880	16800	16800	22920	24000	19680	21120	21120	33000	0	250
J	28900	36100	28900	20980	17740	19900	26020	27100	22780	24220	24220	36100	0	200
K	30800	37300	30800	22880	21800	21800	27920	29000	24680	26120	26120	3800	0	200
demanda	360	120	90	270	98	90	45	900	210	120	120	90	922	2625

TABLA 4.9 Matriz de opciones de compra con el costo total de transporte y debidamente balanceada para su solución.

SOLUCION AL PROBLEMA DE COMPRA Y TRANSPORTE DE GRAVA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	supply
B	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	200
C	135	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
A	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
E	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	110	0	95	250
F	0	120	0	0	0	0	0	0	0	120	10	0	0	250
D	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
G	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	210	300
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	210	300
L	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	232	250
I	0	0	0	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250
J	0	0	0	20	98	82	0	0	0	0	0	0	0	200
K	0	0	0	0	0	8	0	0	192	0	0	0	0	200
demanda	360	120	90	270	98	90	45	90	210	120	120	90	922	2625

TABLA 4.10 Solución al problema de la Tabla 4.9 según datos obtenidos del MICROMANAGER (Apendice A).

La Tabla 4.11 representa en un formato más accesible la solución al problema de transporte y compra de arena para la matriz de la Tabla 4.9. En esta tabla se pueden referir las conclusiones que más adelante se presentan.

PLANTAS	MINAS A QUE SE DEBE COMPRAR	M3 MATERIAL
1	B	25
	C	135
	A	200
2	F	120
	C	15
3	D	75
	I	250
4	J	20
	J	98
5	J	82
	K	8
6	E	45
	G	90
7	L	18
	K	192
8	F	120
	E	110
9	F	10
	H	90

TABLA 4.11 Solución al problema de compra y transporte de Grava.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El concreto premezclado durante su vida y a través del tiempo se ha considerado como un material muy noble el cual permite muchas variaciones en su diseño sin afectar considerablemente a los resultados de calidad, sin embargo, si a la utilidad y generación operativa de quien lo produce. Es decir, el producir concreto es relativamente sencillo, pero producirlo con buena calidad, con productividad y a un costo conveniente requiere de mayores habilidades. La presente tesis estudia una aplicación para la industria del concreto enfocada a la optimización de recursos económicos, tomando en cuenta la calidad.

Durante la introducción y el capítulo primero, nos deja en claro que el crecimiento de la industria fue desmesurado en los años 50 y 60 habiendo poco desarrollo nacional y absorbiendo la tecnología de otros países. Fue hasta finales de los 60 cuando se empezaron a crear métodos de trabajo y normas de fabricación, así como asesorías por asociaciones de productores. Gradualmente se empieza a complicar la producción concreto por diversas circunstancias como los sismos de 85. Surgen entonces mayores requisitos de calidad para el concreto, encarecimiento insumos y se vuelve un negocio difícil que requiere nuevas aplicaciones, entre muchas otras se presenta la de suministros de agregados que cumplan especificaciones de calidad. Se crean las Normas Oficiales Mexicanas para el uso de materiales para concreto como se explicó en el capítulo primero, el consumo exageradamente intenso dificultó el abastecimiento. En la década presente con la modernización se conoce a la industria del concreto con otro contexto muy diferente al de sus orígenes en donde la ingeniería industrial ha influido.

La aplicación del problema de transporte a la industria del concreto se ha utilizado de diversas maneras, su filosofía siempre ha sido la misma: encontrar una respuesta óptima en el menor tiempo posible.

El Micromanager ofrece grandes ventajas tales como que el usuario puede encontrar de una manera muy sencilla la solución más óptima a un problema de transporte a resolver. Las soluciones ofrecidas por el paquete

son del todo confiables ya que al realizarse comparaciones entre las soluciones de éste con las pruebas de escritorio realizadas a cada problema resuelto encontramos en el mayor número de los casos que la solución ofrecida por el paquete siempre daba como resultado un costo más mínimo esto debido a que una prueba de escritorio siempre se analiza sólo alguna de las "n" posibles soluciones óptimas que un problema de transporte pueda tener respaldados por el método de solución que se haya elegido para hacerlo.

La aplicación práctica y actual del presente trabajo en una empresa de concreto premezclado genera para las gerencias encargadas de la inspección, diseño, compra y transporte de materiales arena y grava una herramienta de gran utilidad por los siguientes aspectos:

- 1) Controla el costo de transporte y compra de materiales.
- 2) Permite un ahorro financiero en el costo de transporte.
- 3) Tiene un impacto directo en las utilidades.
- 4) Crea una menor variación en los resultados de calidad del concreto y puede generar menores consumos de cemento.
- 5) Genera comunicación y entendimiento entre las partes.
- 6) Crea la participación oportuna y efectiva de todas las partes.
- 7) Evita preferencias hacia proveedores por cualquier parte.
- 8) Ahorra expeditar continuamente y arreglárselas como vaya "pintando".
- 9) Permite crear políticas y contratos por volumen de compra.
- 10) Genera un orden deseable en otras actividades del mismo tipo.

El considerar como un problema integrado la compra de materiales se generan las ventajas antes mencionadas, el muestreo y aceptación de la calidad reúne a las personas técnicas, el transporte a las personas operativas y las negociaciones generadas al personal contable o financiero; todos reunidos bajo la planeación general.

El realizar este ejercicio permite conocer inmediatamente el costo de transporte y compra del agregado, y durante su aplicación ejercer control sobre este apcándose lo mas posible al programa de compras generado y mes con mes, semana a semana comparar y analizar variaciones del costo obtenido para retroalimentarse y mantener un costo óptimo.

Al aplicar el programa durante el primer mes se encontrará gran variación respecto al mes anterior en el costo de compra y transporte de material total del período. Este parámetro objetivo esta aplicado de sacar el porcentaje entre el costo anterior y las ventas netas del período obtenidas a su vez del volumen producido de concreto por el precio promedio de venta. Es decir un porcentaje de la contribución marginal (ventas menos gastos variables).

El impacto directo en la contribución marginal se explica si se considera que en la estructura de costos de una empresa concretera el costo de compra y transporte de materiales es del orden del 55% al 65% dependiendo de la ubicación por lo cual generar un ahorro en la contribución marginal se ve totalmente reflejado en la utilidad generada. Se trabaja sobre un rubro importante.

Por el lado de la calidad, el utilizar constantemente los mismos agregados provenientes de una sola mina o dos minas genera menores alteraciones del coeficiente de variación de los resultados de la resistencia a la compresión obtenida de los cilindros debido a que las alteraciones a los diseños de mezclas de laboratorio son mucho menores. Se puede tener la certeza de que se utilizan los mismos materiales que durante el diseño. La apariencia del concreto también tiene menos variaciones y facilita su colocación a través del bombeo de concreto.

El problema integral genera que las partes involucradas no actúen por separado, aspecto que genera posiblemente el mejor costo en flete pero involucra mayor consumo de cemento o resultados con variaciones de calidad. Solamente integrando conceptos como consumos de cemento por diseño, precios de todos los proveedores, distancias entre minas y plantas, ofertas de minas, demandas de plantas con datos verídicos se puede lograr el menor costo en la elaboración de concretos pues se asegura mediante esta aplicación lograr la compra de materiales óptima. El resultado inesperado crea entre los participantes voluntad de resolver otros

problemas afines en conjunto, en forma integral, considerando aspectos de otros que generalmente no incumben al área en cuestión. El uso del algoritmo de transporte debidamente planteado y con información veraz identifica oportunamente malos manejos o preferencias particulares por proveedores o fleteros.

Para el área mantiene la responsabilidad de la compra y transporte de materiales genera la mayor de las ventajas mencionadas pues elimina tiempo y supervisión diaria, expectación y cambios de urgencia. Las limitaciones del tema propuesto en su diaria aplicación se hacen notar cuando la información proporcionada al sistema es errónea, al generar alternativas de compra completamente inusuales o sumamente difíciles como puede ser llevar una arena de muy bajo precio del oriente al poniente de la Ciudad de México, o bien comprar arenas muy caras cuando se tienen por el mismo precio y distancia otras opciones. Se insiste que la información debe ser verídica. Sin embargo enfocando el problema desde la calidad, costos, servicio, estrategias, se logra entender que las opciones propuestas por la aplicación mencionada tienen bastante coherencia con la realidad y da entender el porque de su solución. La rutina diaria no permite ver claramente lo que aquí se combina de una manera cualitativa y cuantitativamente en precio y calidad de los materiales, y distancias entre minas y plantas. Más aún, no se puede comparar sin la ayuda computarizada, la gama de opciones de abastecimiento de 12 minas a 12 plantas en nuestro caso.

Para analizar lo explicado anteriormente a continuación se hacen algunas interpretaciones de resultados sobre nuestro caso.

En el caso de la arena de la mina B y C a primera vista parece ser una mina en buena ubicación y con un precio aceptable dentro de la zona y en comparación con otras minas pero se analizamos sus propiedades físicas y su calidad encontramos deficiencias lo cual genera un sobreconsumo de cemento de 20 kg para su utilización, un costo de \$ 4,600 que junto a las buenas condiciones de ubicación y precio la deja como se puede observar en la tabla 4.5 fuera de posibilidad de ser seleccionada para su utilización por el problema de transporte. Es decir que el problema de transporte esta considerando, no solamente el transporte sino el precio y calidad del agregado

en igual importancia para la selección óptima. Por el caso contrario hay minas seleccionadas como compra que parecían lejos de plantas o de precio elevado, pero con buena calidad (sin sobreconsumo de cemento) entraron en posibilidades, tal es el caso de la mina K en grava. Como estos ejemplos encontramos muchos otros que son vistos al realizar y conocer la compra de materiales. Como se puede observar en los casos anteriores es muy difícil reconocer estos cambios si no se tiene representado esta actividad de la forma mencionada y utilizando una herramienta como el Micromanager.

Los costos encontrados como solución óptima, se pueden además de como se mencionó anteriormente comparar período con período, se pueden desglosar y obtener por planta y encontrar ventajas y desventajas de cada planta con su zona o mercado de influencia. Generar políticas de venta por planta dependiendo la contribución marginal de cada una de las determinadas en gran parte por el costo de movimiento del abastecimiento de materiales; que como se puede ver en la siguiente relación varía bastante entre plantas.

PLANTA #	MINA SELECCIONADA	M3 DE MATERIAL	COSTO POR M3 DE CONCRETO PRODUCIDO
2	E	96	7,524.0
5	J	80	10,644
6	I Y J	34 Y 38	11,628
1	A Y E	200 Y 88	11,735
4	I	216	11,928
3	D	72	12,384
9	D Y J	12 Y 156	13,576
7	D	36	13,680
10	J	96	14,532
8	E Y J	66 Y 6	15,974
11	J Y L	24 Y 72	16,096
12	H	72	18,468

El costo de la compra y transporte es decir utilización de arena por metro cúbico de concreto producido con dicha arena es igual al costo total de la mina por el factor de uso. Si son dos minas se realiza un promedio ponderado. De la misma manera se obtiene el costo general de las doce plantas el cual es el valor óptimo

encontrado dividido por la suma de la demanda de las doce plantas y el resultado multiplicado por el factor de uso. Así encontramos que para la arena es:

(Costo Mínimo de Compra / suma de demandas) x factor de uso

$$\text{CMC/M3} = (28,921,440 / 1,364) \times 0.6 = 12,722 \text{ (\$/M3)}$$

Para la grava es:

$$\text{CMC/M3} = (37,273,072 / 1,703) \times 0.75 = 16,415 \text{ (\$/M3)}$$

Como ya se mencionó éstos son los costos que hay que mantener controlados en nuestro caso mes con mes para asegurar una compra de materiales adecuada.

El período para realizar esta aplicación debe ser tal en el cual no se afecte la información por cambios de diversos tipos, como puede ser cambios de propiedades físicas como granulometría y por lo tanto cambios de calidad y sobreconsumo de cemento, o bien aperturas o cierres de plantas de consumo o minas de abastecimiento, cambio de rutas del transporte, incremento de precio, políticas de transporte, etc.

Una desventaja de esta aplicación es que los cambios anteriormente mencionados se pueden realizar continuamente por lo cual la planeación de compra resulta muy difícil ya que no se puede mantener en las mismas condiciones toda la información, sin embargo el mayor apego a la programación de compra obtenida a través de lo explicado durante este trabajo asegurará para la empresa la compra óptima de materiales. La frecuencia de cambios de información al sistema es la que determinará la necesidad de realizar la aplicación mes a mes, semana a semana o año con año.

BIBLIOGRAFIA

Capítulo I:

Bolledo Miguel

"Cincuentenario del concreto armado en México"

1989. 30p

Fogarty Federico

"Historia del cemento"

1951. 40p

Días Gómez Raúl

"Los grandes constructores y el concreto armado"

Suplemento revista IMCYC

Agosto 1967

González de León Teodoro

"La piedra del siglo XX"

Revista IMCYC. Vol 20, No. 142

Febrero 1983. 50p

Publicación de la Asociación Nacional de Productores de Concreto Premezclado A.C.

1970. 17p

Dr. Emilio Rosenbluth

"El sismo del 19 de septiembre de 1985. Sus efectos en la ciudad de México"

Revista IMCYC. Vol. 2, No. 180

Mayo 1986. 24p

Dr. José A. Nieto

"El concreto frente al sismo, nuevo reglamento de construcciones para la ciudad de México"

Revista construcción y tecnología. Vol. II, No. 15

Agosto 1989. 10, 15-17p

Ing. Manuel Mena Ferrer

"Módulo de elasticidad de los concretos elaborados con agregados andesíticos"

Revista IMCYC. Vol. 25, No. 192

Mayo 1987. 28-38p

Fernández del Olmo Sergio
"Agregados para concreto en la ciudad de México"
Revista IMCYC. Vol.25, No. 192
Mayo 1987. 25 y 26p

Graf López Alejandro
"El control de calidad del concreto premezclado"
Revista IMCYC. Vol. 26, No. 203
Abril 1988. 17 y 18p

Capítulo II:

Reglamento de construcción del D.D.F.
Normas de Construcción
Tomo IX
"Muestreo y pruebas de materiales"
66-72p

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas, publicaciones de Normas
Oficiales Mexicanas.
NOM C 30-86 C 71-83, NOM C 73-83, NOM C 111-82, NOM C 164-87, NOM C 165-84.

Capítulo III:

Hamdy A. Taha
"Investigación de operaciones"
Editorial Representaciones y servicios de ingeniería S.A.
México 118-127p

Frederick Miller & Gerald J. Lieberman
"Introducción a la investigación de operaciones"
Tercera edición
Editorial Mc. Graw Hill
217-232p

Schroeder Roger G.
"Administración de Operaciones"
Editorial Mc. Graw Hill
Primera edición 1981***
80-96p

Bazhara F.D.
"Técnicas de Optimización"
Editorial Limusa
Segunda edición
57-63p

Abraham Charles-Cooper W.W.
"Management Models and Industrial Applications of Linear Programming"
Editorial Mc. Graw Hill
New York 1961
214-221p

Baras Edward M.
"Administración de Programas"
Editorial Mc. Graw Hill
Segunda edición
157-170p

APENDICE A

PROGRAM: Transportation

IMPRESION ORIGINAL DEL MICRO MANAGER DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE DE ARENA

***** INPUT DATA ENTERED *****

Minimization problem :

8	1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 Supply	7	
1	24680.00	24680.00	30440.00	30800.00	34040.00	30440.00	30800.00	3
2600.00	30440.00	30440.00	30440.00	36560.00	0.00	200.00		
2	24880.00	24880.00	30280.00	29560.00	34240.00	30640.00	31000.00	3
2800.00	30640.00	30640.00	30640.00	36760.00	0.00	150.00		
3	19320.00	20400.00	25080.00	24720.00	28680.00	25800.00	26880.00	3
0120.00	25080.00	25800.00	25800.00	30120.00	0.00	200.00		
4	20100.00	12540.00	25860.00	23340.00	29460.00	24420.00	24780.00	2
6580.00	24420.00	23700.00	23700.00	31620.00	0.00	250.00		
5	23080.00	15160.00	28840.00	26320.00	32440.00	27400.00	27760.00	2
9560.00	27400.00	26320.00	26320.00	34600.00	0.00	250.00		
6	19240.00	18480.00	20640.00	21360.00	24240.00	22080.00	22800.00	2
8200.00	20640.00	22080.00	22080.00	27840.00	0.00	120.00		
7	24300.00	26740.00	30060.00	26820.00	33660.00	28260.00	28620.00	2
8620.00	29700.00	27540.00	27540.00	35460.00	0.00	300.00		
8	24300.00	22500.00	36780.00	31140.00	34380.00	31860.00	27900.00	3
0660.00	27540.00	25740.00	25740.00	30780.00	0.00	300.00		
9	30075.00	37275.00	30075.00	22155.00	21075.00	21075.00	27195.00	2
8275.00	23955.00	25395.00	25395.00	32275.00	0.00	250.00		
10	27800.00	35000.00	27800.00	19880.00	18800.00	18800.00	24920.00	2
6000.00	21680.00	23120.00	23120.00	35000.00	0.00	250.00		
11	28900.00	36100.00	28900.00	20980.00	17740.00	19900.00	26020.00	2
7100.00	22780.00	24220.00	24220.00	36100.00	0.00	400.00		
12	30100.00	37300.00	30100.00	22180.00	21100.00	21100.00	27220.00	2
8300.00	23980.00	25420.00	25420.00	37300.00	0.00	500.00		
Demand	288.00	96.00	72.00	216.00	80.00	72.00	36.00	
72.00	168.00	96.00	96.00	72.00	1806.00	3170.00		

***** PROGRAM OUTPUT *****

8	1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 Supply	7	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	200.00		
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	150.00		
3	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00		
4	88.00	96.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
66.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	250.00		
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	250.00	250.00		
6	0.00	0.00	72.00	0.00	0.00	0.00	36.00	
0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	120.00		
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00		
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	72.00	228.00	300.00		
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	72.00	0.00	178.00	250.00		
10	0.00	0.00	0.00	216.00	0.00	34.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	250.00		

11	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00	38.00	0.00
6.00	156.00	96.00	24.00	0.00	0.00	400.00	
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	500.00	500.00	0.00

Demand	288.00	96.00	72.00	216.00	80.00	72.00	36.00
72.00	168.00	96.00	96.00	72.00	1806.00	3170.00	

Optimal solution : 28921440.00

APENDICE B

PROGRAM: Transportation

IMPRESION ORIGINAL DEL MICRO MANAGER DE LA
SOLUCION DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE DE
GRAVA

***** INPUT DATA ENTERED *****

Minimization problem :

8	1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 Supply	7	
1	22380.00	22380.00	28140.00	28500.00	35740.00	28140.00	28500.00	3
0300.00	28140.00	28140.00	28140.00	34260.00	0.00	200.00		
2	20280.00	20280.00	25680.00	24960.00	29640.00	26040.00	26400.00	2
8200.00	26040.00	26040.00	26040.00	32160.00	0.00	150.00		
3	21620.00	22700.00	27380.00	27020.00	30980.00	28100.00	29180.00	3
4420.00	27380.00	28100.00	28100.00	34220.00	0.00	200.00		
4	22400.00	14840.00	28160.00	25640.00	31760.00	26720.00	27080.00	2
8880.00	26720.00	26000.00	26000.00	33920.00	0.00	250.00		
5	20780.00	12860.00	26540.00	24020.00	30140.00	25100.00	25460.00	2
7260.00	25100.00	24020.00	24020.00	32300.00	0.00	250.00		
6	19240.00	18480.00	20640.00	21360.00	24420.00	22080.00	22800.00	2
8200.00	20640.00	22080.00	22080.00	27840.00	0.00	75.00		
7	23150.00	15590.00	28910.00	25670.00	32510.00	27110.00	27470.00	2
7470.00	28550.00	26390.00	26390.00	34310.00	0.00	300.00		
8	25450.00	23650.00	31930.00	32290.00	35550.00	33010.00	29050.00	3
1210.00	28690.00	26890.00	26890.00	31930.00	0.00	300.00		
9	31414.00	38614.00	31414.00	23494.00	22414.00	22414.00	28534.00	2
9614.00	25294.00	26734.00	26734.00	38614.00	0.00	250.00		
10	25800.00	33000.00	25800.00	17880.00	16800.00	16800.00	22920.00	2
4000.00	19680.00	21120.00	21120.00	33000.00	0.00	250.00		
11	28900.00	36100.00	28900.00	20980.00	17740.00	19900.00	26020.00	2
7100.00	22780.00	24220.00	24220.00	36100.00	0.00	200.00		
12	30800.00	37300.00	30800.00	22880.00	21800.00	21800.00	27920.00	2
9000.00	24680.00	26120.00	26120.00	38000.00	0.00	200.00		
Demand	360.00	120.00	90.00	270.00	98.00	90.00	45.00	
90.00	210.00	120.00	120.00	90.00	922.00	2625.00		

***** PROGRAM OUTPUT *****

8	1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 Supply	7	
1	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	175.00	200.00		
2	135.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00		
3	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00		
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.00	
0.00	0.00	0.00	110.00	0.00	95.00	250.00		
5	0.00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	120.00	10.00	0.00	0.00	250.00		
6	0.00	0.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00		
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	210.00	300.00		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00		
0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	210.00	300.00		
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	18.00	0.00	0.00	0.00	232.00	250.00		
10	0.00	0.00	0.00	250.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	250.00		

11		0.00	0.00	0.00	20.00	98.00	82.00	0.00
0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	
12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
0.00		192.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	

Demand		360.00	120.00	90.00	270.00	98.00	90.00	45.00
90.00		210.00	120.00	120.00	90.00	922.00	2625.00	
Optimal solution :		37273072.00						