OBJETIVO:

Proporcionar los conocimientos generales de los pavimentos de uso rudo que se manejan en el puerto de Ensenada, así como marcar las diferencias entre lo que se debe hacer y lo que en realidad se practica en la actualidad.

INTRODUCCIÓN:

Es común que en la práctica como ingenieros civiles, se nos presente la necesidad de ejecutar obras de las cuales no tenemos experiencia de como realizarlas, pero lo más importante es, mas que ser conocedores de todas las áreas, es el ser auto didactas y tener el sentido de la investigación, claro que es importante la experiencia, ya que por medio de ésta, viene el verdadero conocimiento, pero como dice el dicho " siempre hay una primera vez" y es donde debemos como Ingenieros hacer uso de estas herramientas.

A continuación se presenta una investigación realizada sobre "pavimentos de uso rudo" con el apoyo del **Ing. José Iván Michel** de la terminal de contenedores en el puerto de Ensenada, para la materia de **Obras Marítimas y Portuarias** impartida por el **Ing. Juan Carlos Fernández.**

A manera de introducción se tiene que existen reglamentos expedidos por la SCT, que tienen como objetivo marcar los lineamientos permitidos en la construcción de vialidades. Dentro del puerto, va mas allá de proporcionar una superficie de rodamiento que transmita los esfuerzos correctamente a las capas inferiores, cómoda y segura (*Definición de N-CTR-CAR-1-04-009/06 del libro de construcción de carreteras - conceptos de obra- conceptos*), ya que debajo de las estructuras portuarias se encuentra comúnmente el nivel freático, siendo este el caso que se presenta en el puerto de Ensenada (como se muestra en la figura 1).

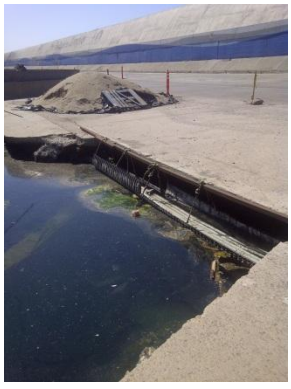


Fig.1 Nivel freático debajo de la Terminal
de contenedores, estimado a 50 cm de la superficie.

Este es el primer problema al que se enfrenta el constructor ya que no se puede manejar, como se conocen, las capas requeridas por la normativa de la SCT, como son;

- **Capa Base**: La cual es de materiales pétreos seleccionados los cuales deben de cumplir con la normativa N-CMT-4-02-002 de la SCT , construida sobre la sub-base para proporcionarle una superficie plana y resistente a la capa superior.
- **Capa Sub- Base**: capa construida sobre la Sub-rasante o subyacente (cuando el transito sea mayor a 5000 TDPA (Transito Diario Promedio Anual)), que de la misma manera es proporcionar una superficie plana que distribuya los esfuerzos correctamente a las capas inferiores. Los materiales utilizados son productos pétreos que cumplan con la normativa N-CMT-4-02-001 de la SCT.

Por otra parte, lo que corresponde a los pavimentos, dentro del puerto, en su gran mayoría se maneja el pavimento rígido (A base de concreto Hidráulico), dejando el pavimento flexible (asfalto) para vialidades que se conocen como zona de vacíos. Las maniobras que se realizan regularmente son ejecutadas por vehículos de gran peso siendo este el caso de la grúa **Gottwall**, la cual tiene una capacidad de carga de hasta 200 Ton, así que para el diseño del pavimento donde esta realizara las maniobras se debe de considerar arriba de 200 T mas el peso propio del elemento.

Es importante que como ingenieros Civiles, apliquemos la Ética profesional para realizar los trabajos con excelencia, ya que contamos con los conocimientos y las herramientas necesarias para poder lograrlo y no permitir la mediocridad en ninguno de los trabajos que se realicen, siendo este el caso que se ha presentado en el Blvd. Enlace 2000 en la ciudad de ensenada, donde en numerosas ocasiones se han realizado trabajos de re encarpetado, sin hacer un previo análisis del que en realidad es el problema que se esta presentando en esta vialidad. (fig. 2)

Los residentes de las unidades habitacionales que se localizan al sur de la mancha urbana están hartos por el mal estado de dicha arteria.

Fig. 2 fotografía del periódico de la localidad

A continuación presento, una breve descripción de los pavimentos utilizados dentro del puerto de Ensenada en particular, así como resistencias indicadas por las normas pero principalmente por las necesidades que se tienen, en base a la experiencia adquirida de ingenieros que se presentan día con día a la problemática que se vive dentro de un puerto.

TERMINAL DE CONTENEDORES DE ENSENADA O EIT (Ensenada International Terminal)

Básicamente la terminal de contenedores esta subdividida en diferentes áreas; a groso modo tenemos el área donde se estiban los contendores, el área de carga y descarga de las grúas, las vialidades donde recogen las cargas los tráiler y el área donde se colocan los productos a granel.
En la siguiente figura se presenta una planta obtenida del programa Google Earth de los que corresponde a EIT.

Fig.3 Fotografía de Google Earth de la Terminal

Como lo he comentado, el puerto tiene características muy particulares ya que, no se puede decir que se colocara un pavimento de concreto hidráulica con cierta resistencia para todos los patios, si no dependiendo el uso que se le dará, es como se define el tipo de pavimento que se va a colocar.
Dentro de lo materiales más utilizados tenemos;

- **El concreto tipo MR-45:** El cual se nombra de esta manera por el Modulo de Ruptura, ya que este tipo de concreto no se diseña como comúnmente diseñamos los concretos donde, revisamos las pruebas a compresión axial, si no que el parámetro que nos indica la resistencia que nos interesa es el momento flexionante. El MR-45 es un concreto de uso industrial, su resistencia se encuentra en termino medio de los que común mente se diseñan, ya que los concretos de tipo MR, van desde valores de 41kg /cm^2 hasta 50 kg/cm^2.los usos que se le dan a estos concretos son por ejemplo autopistas 48 kg/cm2, carreteras 48 kg/cm2, zonas industriales 45 kg/cm^2, calles urbanas principales 45 kg/cm^2, urbanas secundarias 42 kg/cm^2. El Módulo de Elasticidad del concreto esta relacionado con su Módulo de Ruptura y se determina mediante la norma ASTM C469.

El relleno fluido: Material utilizado en sustitución de la base o sub base, este se coloca con resistencia de 25 kg/cm2 y 14 kg/cm2 respectivamente, proporciona una base solida, resistente y nivelada para recibir el MR-45, tiene como ventaja al ser un material cementado, que no requiere compactación, las excavaciones no deben de ser mayores a lo que se requiere ya que es colocado con el sistema de bombeo. Para el diseño de pavimentos según el método AASHTO se cuenta con una variable denominada "K", el valor de K representa el soporte (terreno natural y terraplén si lo hay) y se puede incrementar al tomar la contribución de la sub-base. Cuando se diseña un pavimento es probable que se tengan diferentes valores de K a lo largo del tramo por diseñar, el método AASHTO recomienda utilizar el valor promedio de los módulos K para el diseño estructural. El relleno fluido proporciona valores de k suficientemente aceptables para poder diseñar las losas de concreto. En el puerto no queda mucha opción si utilizar base hidráulica o relleno fluido ya que como se muestra en la imagen el nivel freático siempre esta presente a niveles muy altos, lo que provocaría que el material sea arrastrado dejando huecos bajo los pavimentos.

- Malla geo-textil: Son láminas permeables y flexibles de fibra sintética, principalmente de polipropileno y el poliéster. Los principales uso son para el control de erosiones, el refuerzo del suelo, la filtración y separación entre capas de material y proporcionar capa drenante. La elaboración de este material se apega a la normativa ASTM.

DISTRIBUCION DE LOS PAVIMENTOS

La siguiente clasificación que se presenta, describe la configuración de los pavimentos utilizados en los patios de la terminal, los cuales fueron diseñados para cubrir las necesidades que se tienen en las diferentes áreas.

1) Primeramente tenemos el pavimento que se utiliza en la Zona de maniobras y en vialidades de carga y salida, el cual es un pavimento a base de concreto hidráulico y tiene la siguiente configuración;

    - Capa de MR-45 con 20 cm de espesor
    - Capa de relleno fluido con 20 cm de espesor
    - Terreno natural (rellenos)

Fig. 4 Zonas de maniobra y vialidad de carga y salida

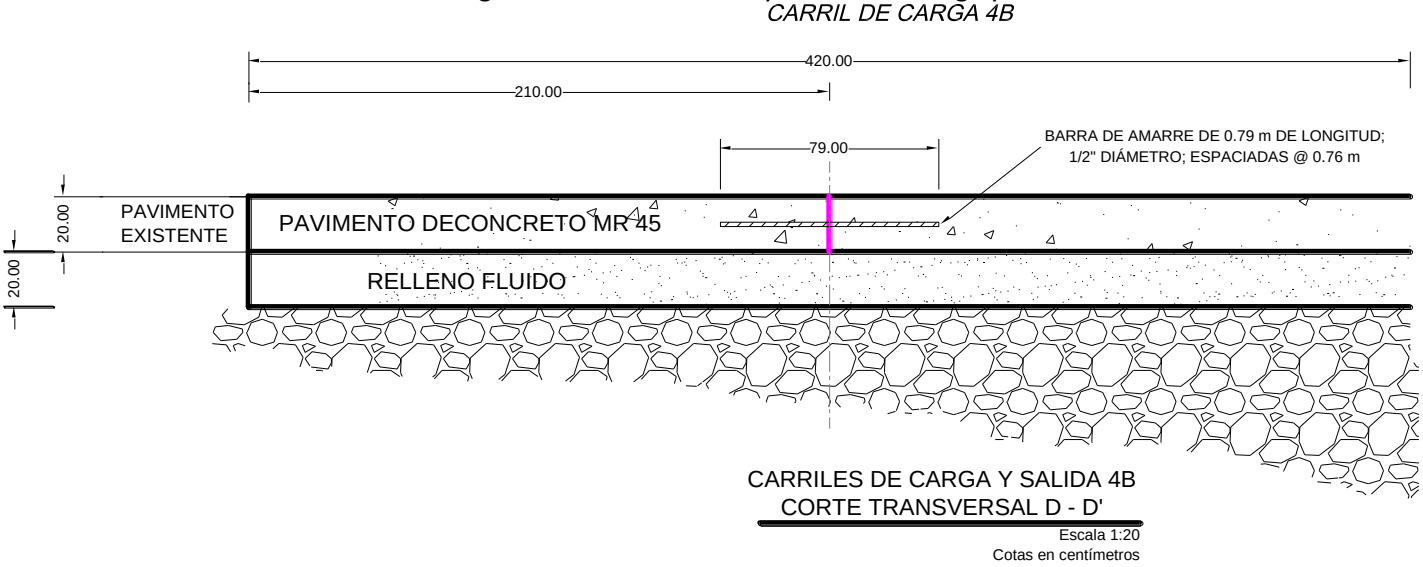


Fig. 4b Corte trasversal del carril de carga y descarga.

2) Zona de Roderas para grúas RTG, a base de pavimento con concreto hidráulico
   - Capa de MR-45 con 40 cm de espesor
   - Capa de relleno fluido con 20 cm de espesor
   - Terreno natural (rellenos)

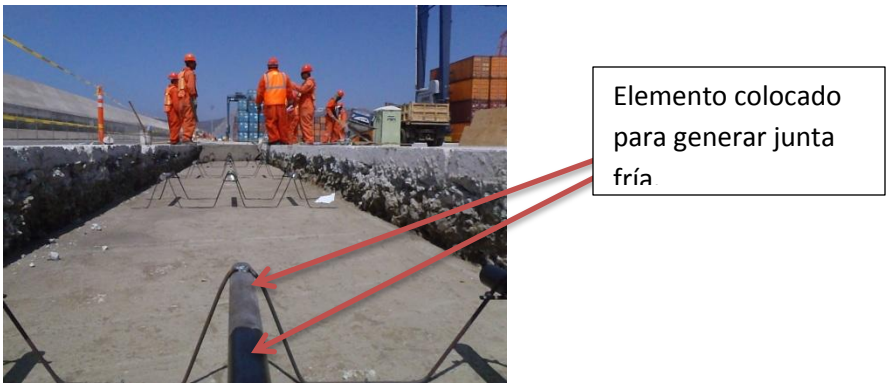
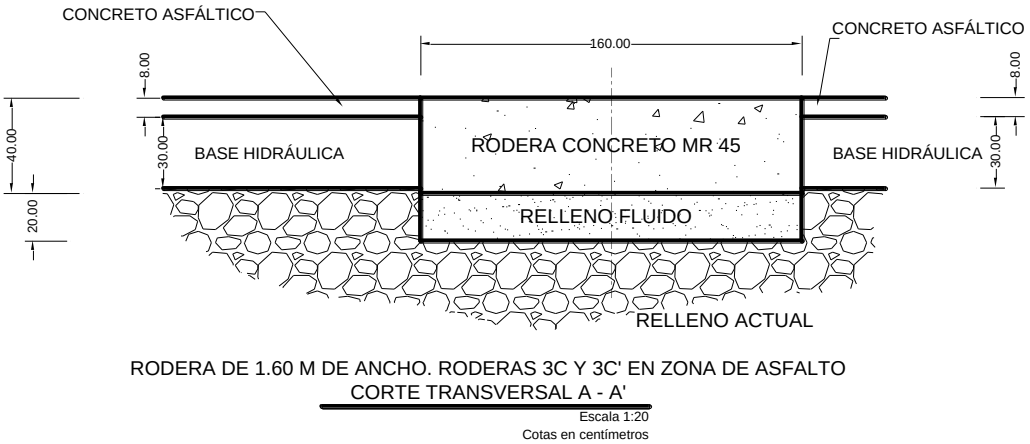


Fig. 5 Preparaciones para colocar concreto donde correrán las roderas de la grúa.

En la figura 5 se puede observar el elemento colocado para generar divisiones a lo largo de la rodera y así evitar que sea un solo cuerpo, que a fin de cuentas estará muy propenso a que los cambios de temperatura lo rompan y se genere un bache. Un bache en la zona de roderas puede ser muy peligros, por que si imaginamos a la grúa que carga elementos de gran peso, un bache provocaría una distribución de cargas incorrectas lo que es muy probable que ocurra un accidente, donde se pone en riesgo vidas humanas.

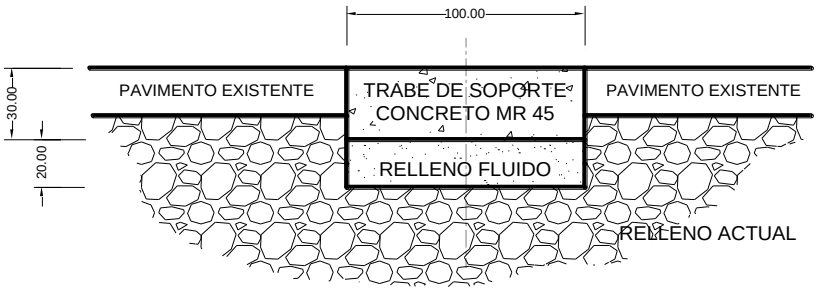


RODERA DE 1.60 M DE ANCHO. RODERAS 3C Y 3C' EN ZONA DE ASFALTO
CORTE TRANSVERSAL A - A'
Escala 1:20
Cotas en centímetros

Fig. 5b Corte trasversal de la zona de rodera.

3) Otro elemento utilizado son las Trabes de soporte para estiba de contenedores llenos que de la misma manera cuenta con la siguiente configuración.

- Capa de MR-45 con 30 cm de espesor
- Capa de relleno fluido con 20 cm de espesor
- Terreno natural (rellenos)



TRABE DE SOPORTE 1.00 M DE ANCHO. ÁREA DE ESTIBA 4B
CORTE TRANSVERSAL C - C'
Escala 1:20
Cotas en centímetros

Fig. 6 Corte trasversal de trabes.

Fig. 6b Estiba de contenedores y grúa RTG

4) La siguiente son las Vialidades con adocreto. El adocreto es utilizado sin duda por su fácil colocación y debido a que el puerto constantemente necesita colocar ductos de instalaciones, lo que el adocreto permite ser retirado fácilmente y colocarlo nuevamente en su lugar. Por otra parte tiene la ventaja de ser sustituido en caso de que alguna pieza falle, sin tener que hacer cortes o demoliciones de gran magnitud.
Las características que posee el adocreto esta en función de la normativa ASTM 936 en Estados Unidos y CSA231.2 en Canadá. Tiene porcentajes de absorción del 5% < que le 7% permitido por la normativa, las pruebas de compresión realizados por la ASTM en laboratorio arrojan valores de entre 8000 psi (55Mpa = 550 kg/cm2) y 7200 Psi (50 Mpa= 500 kg/cm2) aun que en algunas pruebas de compresión realizadas a los elementos que se colocaron en el puerto de Ensenada se encontraron resistencia hasta de 650 kg/cm2.
Por otra pate se debe de tener en consideración que las capas de arena colocadas por debajo no pueden ser a sentimiento, si no que deben cumplir con las normativas que te indican los espesores, así como, los tipos de criba que se utilizan para obtener la granulometría necesaria (Se anexa tabla con valores para la criba). Las capas que se colocan por debajo de la arena, tiene que ver con la capacidad de resistencia que se desea tener en el suelo, por lo tanto en algunos casos se pueden omitir las capas entre el geo textil y la arena.

La estructuración quede de la siguiente manera, en orden descendente.

- Adocreto con resistencia de hasta 450 kg /cm2, algunos de hasta 650kg/cm^2
- 3 cm de cama de arena

- Riego de impregnación
- 30 cm de capa de base SCT (no granito)
- 30 cm de capa de su-base SCT (no granito)
- Malla geo textil
- Agregado triturado de ¾”
- Agregado rezaga de 4” a 6”

Fig.7 Capas de preparación para colocar adocreto

Fig.7b Capas de preparación para colocar adocreto

5) Por otra parte tenemos las Vialidades con carpeta asfáltica en zona de vacíos. Como lo comente anteriormente, la carpeta asfáltica es un tipo de pavimento flexible, el cual es a base de una mezcla asfáltica el cual se puede diseñar ya sea por el método de la UNAM, Método francés , entre otros, y los materiales pétreos utilizados son normados por N-CMT-4-04/08, la calidad de las mezcla asfáltica se norma por N-CMT-4-05-003, en general la estructuración de este pavimento se realiza de la siguiente manera:
    - Sello 3/8" (grava triturada de 3/8")
    - Riego de liga
    - 8 cm de carpeta asfáltica
    - Riego de liga
    - Riego de impregnación
    - 30 cm de capa de base SCT (no granito)
    - 30 cm de capa de su-base SCT (no granito)
    - Terreno natural

En general estos son los tipos de pavimentos y sus configuraciones que se encuentran en la terminal de contenedores en la ciudad de Ensenada.

CONCLUSIONES:

A manera de conclusión, solo queda decir que como mencione al principio, existen muchas normativas las cuales debemos de cumplir, ya que la mayoría de estas son basadas en experimentos de laboratorio y sin necesidad de comprobarlo en muchas ocasiones estas cumplen, y dado que las normas son elaboradas por empresas de renombre, eso respalda cualquier acción que se realice dentro de esta, pero lo mas importante es poder hacer uso del criterio que como ingenieros vamos adquiriendo y aprender a escuchar a las personas de experiencia que están a nuestro alrededor.

Espero que este material les pueda ser de gran utilidad, y ayudarlo a tener un conocimiento general de los tipos de pavimento que se utilizan para darles un uso rudo o industrial.

Anexos:

- Ficha técnica de la la grua Gottwald

(www.pacifichandling.com/wp-content/uploads/2011/01/Generation_5_Models_6_7_8_Spanish.pdf)

- Anexo de valores normados para las cribas.

Table 1

Grading Requirements for Bedding Sand			
ASTM C 33		CSA A23.1-FA1	
Sieve Size	Percent Passing	Sieve Size	Percent Passing
3/8 in.(9.5 mm)	100	10 mm	100
No. 4 (4.75 mm)	95 to 100	5 mm	95 to 100
No. 8 (2.36 mm)	85 to 100	2.5 mm	80 to 100
No. 16 (1.18 mm)	50 to 85	1.25 mm	50 to 90
No. 30 (0.600 mm)	25 to 60	0.630 mm	25 to 65
No. 50 (0.300 mm)	10 to 30	0.315 mm	10 to 35
No. 100 (1.150 mm)	2 to 10	0.160 mm	2 to 10
No. 200 (0.075 mm)	0 to 1	0.075 mm	0 to 1

Note: ASTM C33 does not specify the percent passing the No. 200 (0.075 mm) sieve. CSA A23.1 allows up to 3% passing the No. 200 (0.075 mm) sieve. The above grading requirement for this sieve are modifications of these standards.

Table 2

Grading Requirements for Joint Filling Sand			
ASTM C 144		CSA A179	
Sieve Size	Percent Passing	Sieve Size	Percent Passing
No. 4 (4.75 mm)	100	5 mm	100
No. 8 (2.36 mm)	95 to 100	2.5 mm	90 to 100
No. 16 (1.18 mm)	70 to 100	1.25 mm	85 to 100
No. 30 (0.600 mm)	40 to 75	0.630 mm	65 to 95
No. 50 (0.300 mm)	10 to 35	0.315 mm	15 to 80
No. 100 (0.150 mm)	2 to 15	0.160 mm	0 to 35
No. 200 (0.075 mm)	0 to 10	0.075 mm	0 to 10

Note: The allowable maximum percent passing the No. 200 (0.075 mm) sieve may need to be decreased to allow for penetration of joint sand stabilizer. Test penetration depths on the site mock up area of paving.

Ficha técnica Del relleno fluido

RF
RELLENO FLUIDO

CONCRETO PROFESIONAL MR
RELLENO FLUIDO

PARA OBRAS DE GRAN PROYECCIÓN

O2 Footprint

LA RESPUESTA INNOVADORA A TUS NECESIDADES DE CONSTRUCCIÓN

Si en tu proyecto se requiere colocar bases, terraplenes, rellenar zanjas o huecos de difícil acceso, el Relleno Fluido es la solución profesional a tus necesidades.

1. Colinas del Sol. 2. Aplicación de Relleno Fluido. 3. Construcción Sub-base para Pavimentos. 4. Base Pavimentación Tijuana, B.C.

USOS

- Bases y sub-bases para carreteras y pavimentos
- Rellenos de zanjas para la instalación de toda clase de tuberías
- Construcción de terraplenes
- Rellenos en general
- Relleno de depósitos de desechos tóxicos
- Construcción de plataformas para el desplante de viviendas y firmes
- Relleno de cavernas
- Construcción de pendientes en azoteas
- Nivelación de azoteas, entrepisos y terrenos

VENTAJAS

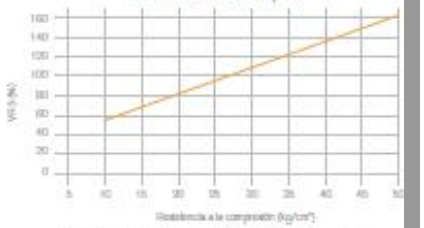
- Es la opción para sustituir rellenos compactados de materiales granulares
- Reduce el volumen de material a excavar al requerir un menor ancho de zanja para la colocación de tubos, en general
- Permite reducir el costo de excavaciones y relleno comparativamente con el sistema tradicional
- Su elevada fluidez permite colocarlo en zanjas estrechas llenando todos los espacios
- Resistente y durable con respecto a material granular
- Fácil de colocar
- No requiere compactación, ni vibrado para obtener sus propiedades mecánicas
- No requiere ser colocado en capas
- Reduce la mano de obra en trabajos de relleno
- Por su versatilidad en sus propiedades de fraguado y resistencia agiliza las actividades del programa de obra reduciendo los tiempos
- Requiere menos supervisión
- Disponible en cualquier zona
- Permite una rápida apertura al tráfico
- Permite construir en cualquier condición climática
- Puede ser excavado (recomendable sólo hasta f'c=14 kg/cm²)
- Este producto cuenta con características sustentables*

DATOS TÉCNICOS

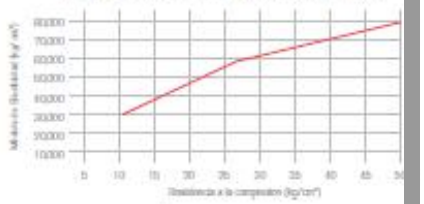
- Revenimiento a partir de 10 cm
- Masa Unitaria de 1,600 a 1,900 kg/m³
- Rango de resistencias especicables de 7 a 86 kg/cm²
- Calidad base de 15 a 25 kg/cm²
- Fraguado inicial de 4 a 8 horas
- Módulos de reacción entre 150 y 450 pci, en función del espesor de la base y de la calidad de la sub-base(1)

(1)Se recomienda revisar este valor para cada proyecto en particular

Relación de la Resistencia a la Compresión con el Valor Relativo de Soporte



Relación de la Resistencia a la Compresión/Módulo Elástico



*HUELLA ECOLÓGICA PE's CEMEX

PRODUCTOS ESPECIALES PE
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

CEMEX CONCRETOS