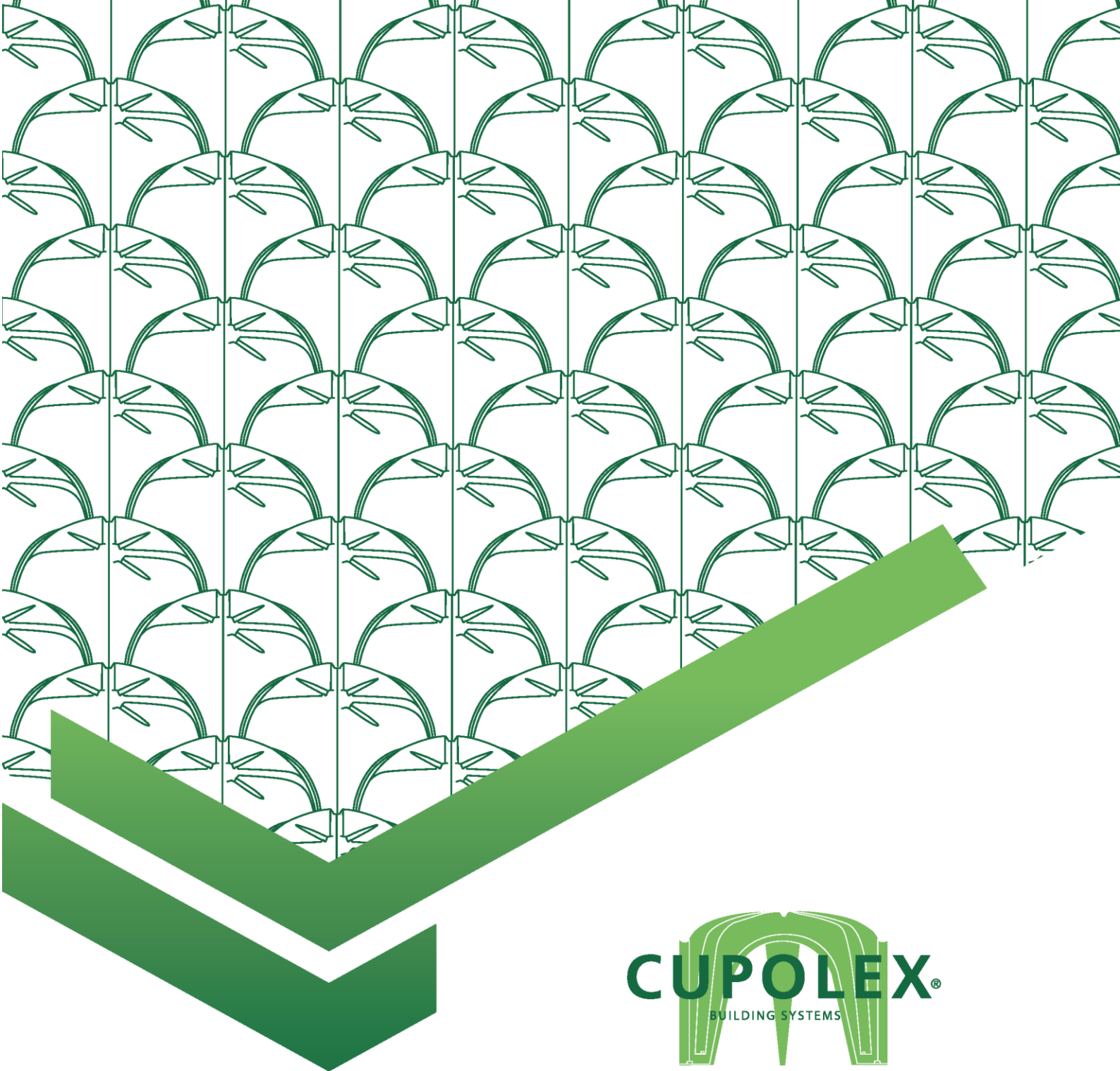




MANUAL TÉCNICO





Manual Técnico – Sistema Cupolex

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA CUPOLEX.....	4
POR QUÉ UTILIZAR EL SISTEMA CUPOLEX.....	5
<i>CALIDAD</i>	<i>6</i>
<i>FLEXIBILIDAD.....</i>	<i>6</i>
<i>RENDIMIENTO.....</i>	<i>6</i>
<i>SOSTENIBILIDAD.....</i>	<i>6</i>
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA CUPOLEX.....	7
PRESCRIPCIÓN DE UN PAVIMENTO CUPOLEX.....	9
DETALLE DE UN PAVIMENTO CUPOLEX.....	10
EJECUCIÓN DE UN PAVIMENTO CUPOLEX.....	14
<i>POLIPROPILENO.....</i>	<i>15</i>
<i>REQUISITOS AMBIENTALES.....</i>	<i>15</i>
<i>INTRUSIÓN DE VAPORES Y CONTROL DEL GAS RADÓN.....</i>	<i>16</i>
<i>VENTILACIÓN MÁS EFICIENTE.....</i>	<i>16</i>
<i>POTENCIAL DE VENTILACIÓN PASIVA.....</i>	<i>16</i>
<i>SOLUCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA HUMEDAD Y EL MOHO Y LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.....</i>	<i>17</i>
<i>SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL VAPOR.....</i>	<i>17</i>
<i>DATOS DE LOS ENSAYOS DE CARGA REALIZADOS EN ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS SOBRE CUPOLEX.....</i>	<i>18</i>



INTRODUCCIÓN AL SISTEMA CUPOLEX

El sistema Cupolex se basa en principios de racionalización económica y ambiental que permiten la ejecución de rellenos y losas de planta baja ventilados, con claras ventajas desde el punto de vista de la funcionalidad y el confort. Garantizando, mediante la ventilación de los huecos creados y la discontinuidad de las superficies, un perfecto aislamiento de los espacios interiores de la construcción frente al entorno exterior, los pavimentos Cupolex confieren una protección frente a la humedad, a las pérdidas térmicas y a los vapores procedentes del contacto con el suelo, con efectos positivos en la salubridad del espacio habitable.

Constituido por material 100% reciclado, el sistema Cupolex contribuye además a una mayor eficiencia en el uso de los factores de producción, especialmente en cuanto a los materiales, evitando el uso de recursos naturales y cantidades innecesarias de hormigón, y de los recursos humanos en virtud de la simplicidad de aplicación del sistema.

La tecnología Cupolex es de origen italiano y ya está ampliamente difundida en mercados que van de los EE. UU. a Nueva Zelanda, y es el resultado de un continuado esfuerzo de investigación y desarrollo de Pontarolo Engineering, avalado por un programa de pruebas y ensayos llevado a cabo en instituciones italianas de referencia.



POR QUÉ UTILIZAR EL SISTEMA CUPOLEX

EL DESAFÍO CUPOLEX

El sistema Cupolex fue creado con el propósito de permitir a ingenieros, proyectistas y arquitectos la prescripción de una solución técnicamente evolucionada, económicamente competitiva y ambientalmente sostenible para los siguientes desafíos:

- Deformación y retracción de la losa;
- Eliminar humedades ascendentes;
- Eliminar el efecto del gas radón y la intrusión de vapores;
- Mejorar la calidad del aire y el confort del espacio habitable;
- Reducción del impacto ambiental de la construcción;
- Reducción del tiempo de construcción;
- Reducción del uso de áridos;
- Expansividad del suelo.

LAS VENTAJAS CUPOLEX

El sistema Cupolex basa sus ventajas en tres pilares esenciales —rendimiento, economía y sostenibilidad— que permiten responder a los desafíos anteriormente enumerados.

Comportamento

- Adaptável a qualquer geometria
- Criação de caixa-de-ar ventilada
- Criação de barreira a humedades e vapores ascendentes
- Melhoria do comportamento térmico
- Possibilidade de instalações diversas na caixa-de-ar
- Resistente a cargas até 18kN/m²
- Eliminação do gás cancerígeno, Radón

Economia

- Processo de instalação célere e simples
- Redução do consumo de hormigón e aço
- Redução de custos com mão-de-obra e equipamentos
- Redução de transportes, uma paleta de Cupolex equivale a três carros de brita
- Possibilidade de betonagem conjunta com outros elementos estruturais

Sostenibilidad

- Redução de custos com climatização
- Redução da emissão de CO₂
- Utilização de material 100% reciclado
- Maior eficiência na utilização de recursos naturais
- Redução dos transportes de materiais para a obra e correspondente emissão de CO₂



CUPOLEX - LA GARANTÍA DE UNA SOLUCIÓN

CALIDAD

El sistema Cupolex garantiza ambientes más saludables y ofrece ventajas sobre las losas convencionales, en particular en la facilidad de construcción y en la reducción de costes y del tiempo de construcción; con más de 500 millones de metros cuadrados ejecutados en pavimentos residenciales, comerciales e industriales, se presenta como una solución ampliamente probada. Los productos Cupolex se fabrican de acuerdo con los requisitos de calidad ISO 9001:2015, garantizando características superiores de estabilidad y resistencia en su estructura.

FLEXIBILIDAD

Gracias a su forma modular, complementada con las unidades Beton Stop, puede obtenerse fácilmente cualquier tipo de losa de planta baja o geometría mediante la distribución del sistema Cupolex. La gama completa del sistema contempla alturas estándar desde 9.5 hasta 70 cm y la posibilidad de combinarlas en varios niveles, permitiendo así obtener la altura de pavimento/relleno deseada.

RENDIMIENTO

El sistema Cupolex proporciona un encofrado perdido que permite, por su estabilidad una vez acoplado, la circulación de personas y equipos durante el proceso constructivo. El sistema se ha ensayado en seco para garantizar, sobre las cúspides y lateralmente, una capacidad resistente a una carga de 150 kg, asegurando de este modo el rápido desarrollo de los trabajos inherentes a su ejecución.

La solución final Cupolex ofrece igualmente capacidades de carga que superan los 1800 kg/m², según los ensayos elaborados en el ámbito de la certificación del sistema, lo que garantiza la viabilidad de este sistema para las más diversas aplicaciones, desde pavimentos residenciales hasta pavimentos industriales.

SOSTENIBILIDAD

En un universo donde la sostenibilidad de los recursos naturales adquiere una importancia creciente, la utilización de materiales reciclados para constituir los huecos y la reducción de las necesidades de hormigón permiten que el sistema Cupolex promueva por sí solo una estructura con menor impacto ambiental y una reducción significativa de la emisión de CO₂ inherente al proceso constructivo.

Fabricado a partir de materia prima 100% reciclada, el Cupolex promueve doblemente la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental del sistema constructivo, ya que contribuye simultáneamente a la reutilización de bienes reciclados y a la reducción del consumo de recursos naturales, siendo uno de los impactos directos visible en el volumen de transportes a la obra.

Desde el punto de vista económico, la solución Cupolex reduce la dependencia de los recursos naturales y los costes de mano de obra del proceso constructivo, y reduce significativamente los costes de explotación a lo largo del ciclo de vida de la estructura.





CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA CUPOLEX

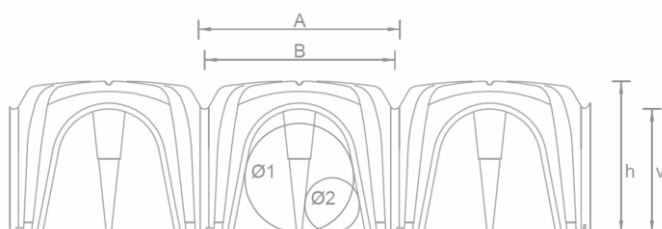
El sistema Cupolex se compone de piezas plásticas (PP - polipropileno reciclado) que, una vez acopladas, conforman un encofrado perdido para constituir losas de planta baja o rellenos. El sistema no tiene por sí solo función resistente alguna, sino la de conferir al hormigón depositado una geometría autosostenible gracias a las cúpulas y a los numerosos apoyos así creados, permitiendo al mismo tiempo la libre circulación en fase de montaje.

La gama completa del sistema incluye una variedad de dimensiones comprendidas entre los 9.5 cm y los 70.0 cm, permitiendo un conjunto diverso de soluciones y configuraciones con cargas admisibles de hasta 18 kN/m².

Los modelos Cupolex Windi, con alturas de 5 y 10 cm, se han diseñado específicamente para su uso en terrazas y cubiertas, garantizando la discontinuidad del hormigón a colocar respecto a la base de soporte y proporcionando el aislamiento y la ventilación de estas superficies. Por sus dimensiones, el módulo Windi resulta igualmente útil en obras de rehabilitación, permitiendo la creación de un pleno de recogida de las humedades ascendentes y el correspondiente aislamiento del espacio interior.

PARÁMETROS PRINCIPALES DEL SISTEMA CUPOLEX

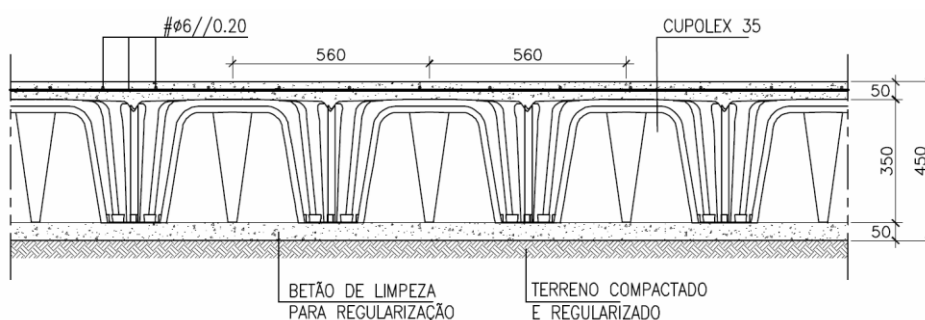
Modelo Cupolex		9.5	13.5	16	20	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70	W5	W10
Consumo de Hormigón	[m ³ /m ²]	0.014	0.030	0.035	0.035	0.035	0.042	0.045	0.060	0.064	0.065	0.069	0.070	0.071	0.073	0.008	0.011
Altura Total (h)	[cm]	9.5	13.5	16	20	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70	5	10
Altura del Vacío (v)	[cm]	7	9	10.6	15	19	26	30	31	35	46	46	51	56	61	3	8
Anchura Total (A)	[cm]	57	58	58	58	58	57	58	58	58	57	74.5	74.5	74.5	74.5	-	-
Anchura Útil (B)	[cm]	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	71	71	71	71	56	56
Ø1	[mm]	-	90	90	125	180	250	300	250	300	300	450	460	470	480	-	75
Ø2	[mm]	70	80	80	100	145	145	150	140	150	150	-	-	-	-	30	50
N.º de Unidades	[un/m ²]	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	1.98	1.98	1.98	1.98	3.19	3.19
Beton Stop	[-]	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●



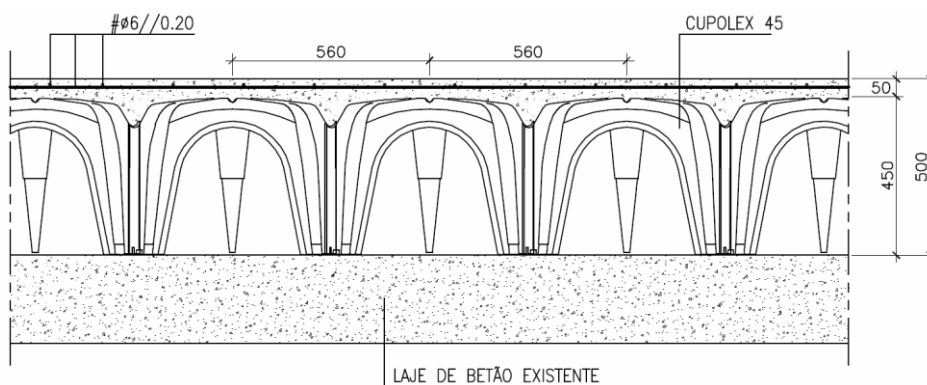


CONFIGURACIÓN DE UN PAVIMENTO CUPOLEX

Un pavimento o relleno Cupolex deberá tener en cuenta, desde el principio, una base sólida para el apoyo de los módulos del sistema, que deberá garantizarse, en el caso de una losa de planta baja, mediante la compactación del terreno del sustrato y la aplicación de una capa de hormigón de limpieza. Sobre esta base, los módulos Cupolex se colocarán de izquierda a derecha y de arriba abajo, conforme a las flechas existentes en las propias piezas. La altura final del pavimento vendrá dada por la suma de la altura del Cupolex (indicada hasta la cúspide) con la lámina de compresión prescrita.



Sección tipo de losa de planta baja Cupolex



Sección tipo de relleno Cupolex

En el análisis del consumo total de hormigón deberá considerarse igualmente la suma del consumo indicado en la tabla anterior (hasta la cúspide del módulo) con el hormigón previsto para la lámina de compresión.

Consumo total de hormigón = Consumo do módulo Cupolex + Consumo da lâmina de

PRESCRIPCIÓN DE UN PAVIMENTO CUPOLEX

El sistema Cupolex no es un sistema estructural.

El sistema Cupolex se constituye mediante un encofrado perdido que permite la ejecución de un volumen de hormigón con la configuración que garantiza las ventajas previamente identificadas del sistema. La sección de hormigón resultante es, en sí misma, autoportante, beneficiándose de la forma de las bóvedas y de los múltiples apoyos que el sistema garantiza.

El dimensionamiento de la sección de hormigón, en particular la lámina de compresión y la altura, así como las necesidades de armadura, resultan de las cargas impuestas y de la deformabilidad de la base de apoyo del pavimento, inherente a las características intrínsecas del suelo y a la geometría del pavimento. Para situaciones habituales en las que se garantiza, mediante compactación o ejecución de un hormigón de limpieza, una base con coeficiente de Winkler igual a 1 kg/cm³, se recomiendan las siguientes láminas y armaduras mínimas según los siguientes casos de carga genéricos.

Ocupación	Carga Permanente (kg/m ²)	Sobrecarga de uso (kg/m ²)	Espesor de la lámina (mm)	Armadura mínima en barra
Estacionamiento	100	300	40	#φ6//0.25
Vivienda	400	200	50	#φ6//0.20
Oficinas	200	300	50	#φ6//0.20
Industria	300	1200	60	#φ8//0.20

Ferca dispone de técnicos y de software específico para el cálculo de pavimentos Cupolex, estando disponible para prestar todo el apoyo necesario en la prescripción, el cálculo, el diseño y la ejecución de un pavimento o relleno Cupolex. Para más información sobre los ensayos realizados en pavimentos Cupolex y sus respectivas capacidades resistentes.

Contáctenos.

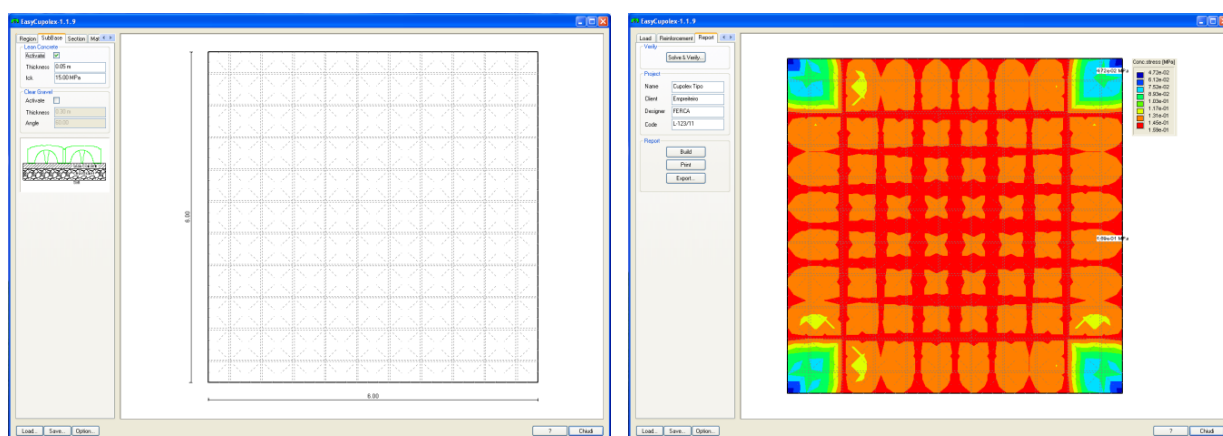


Figura 1 – Ejemplo de cálculo con software EasyCupolex.



DETALLE DE UN PAVIMENTO CUPOLEX

Para un correcto montaje del pavimento Cupolex deberán elaborarse planos de su geometría que incluyan la distribución, caracterización y cuantificación, así como cotas relativas al entorno, con el fin de optimizar su utilización y facilitar el proceso de montaje. Deberán, asimismo, indicar la opción e identificación del corte de piezas o incluir el uso de unidades Beton Stop.

Los planos de implantación del sistema deben contener los siguientes elementos:

Cotas relativas al entorno o al límite de la distribución;

Sección característica del pavimento, identificando el módulo Cupolex y el espesor de la lámina;

Indicación del punto de inicio del montaje e identificación de las piezas a cortar;

Notas generales sobre la utilización, manipulación y montaje de un pavimento Cupolex.

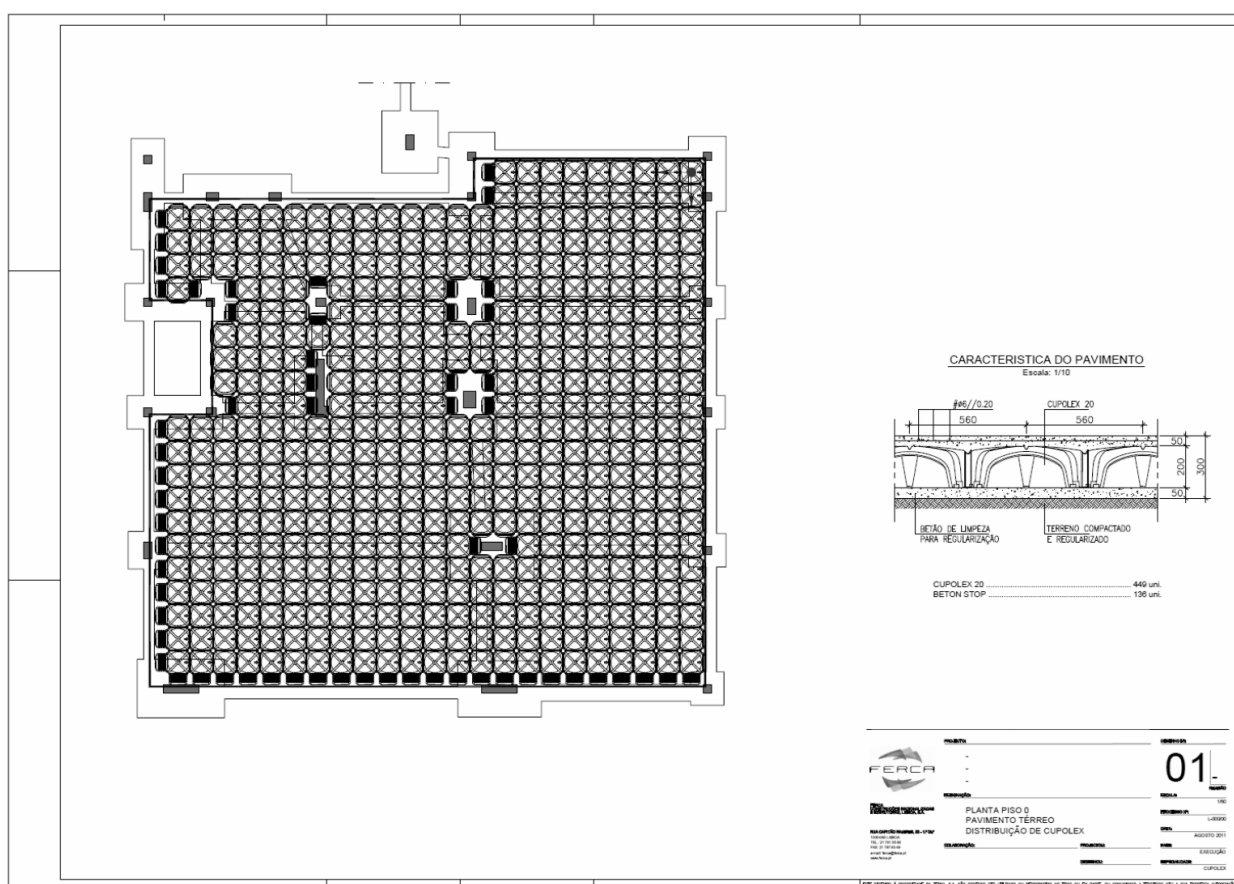


Figura 2 – Plano de distribución Cupolex.



Resulta especialmente relevante la forma en que la distribución del sistema se adapta a la geometría en cuestión, siendo siempre posible el corte de los módulos Cupolex. Para ello, Pontarolo Engineering desarrolló el Beton Stop, un elemento fabricado igualmente a partir de material 100% reciclado y concebido para cerrar los arcos que deja el Cupolex en el perímetro de la superficie a rellenar, evitando el corte de módulos y el desperdicio de material, y permitiendo un ajuste perfecto a la geometría de la estructura.

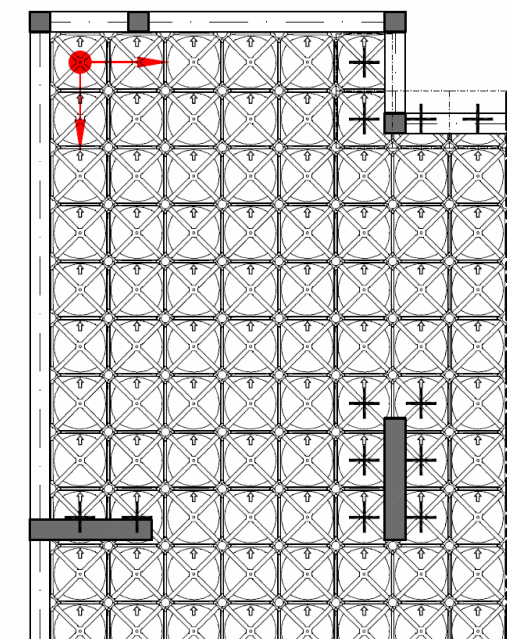


Figura 3 – Ejemplo de distribución Cupolex con identificación de las piezas a cortar para la adaptación a la geometría.

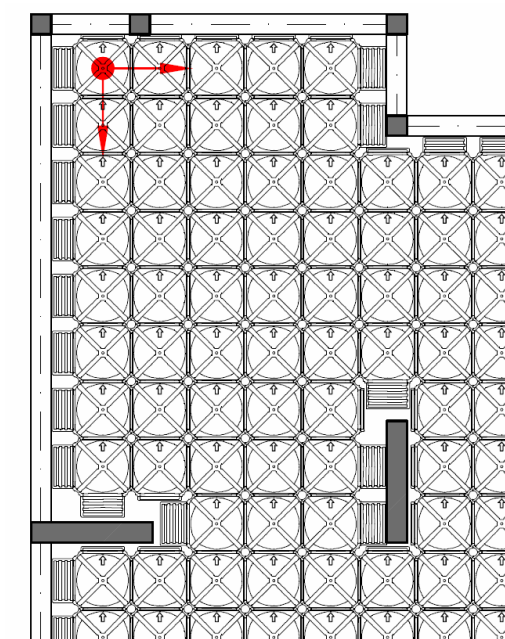


Figura 4 - Ejemplo de distribución Cupolex con uso de unidades Beton Stop en la adaptación a la geometría.

Ferca se pone a disposición para realizar la distribución del sistema y prestar todo el apoyo técnico que se considere necesario en la fase de diseño o ejecución del pavimento.

EJEMPLO 1 – PAVIMENTO GENÉRICO CUPOLEX

El caso más habitual de un pavimento Cupolex se da en el relleno previo del espacio entre zunchos y vigas de cimentación existentes al nivel de la losa de planta baja o en su delimitación. En estos casos, la altura del módulo a utilizar se definirá de forma que se minimice la excavación necesaria y se permita la ventilación del espacio bajo el pavimento final.

El uso del sistema Cupolex permite, en estas situaciones, el hormigonado conjunto del pavimento y los zunchos, eliminando una serie de operaciones que habitualmente se realizan después del hormigonado de los elementos que delimitan el espacio interior de la construcción.

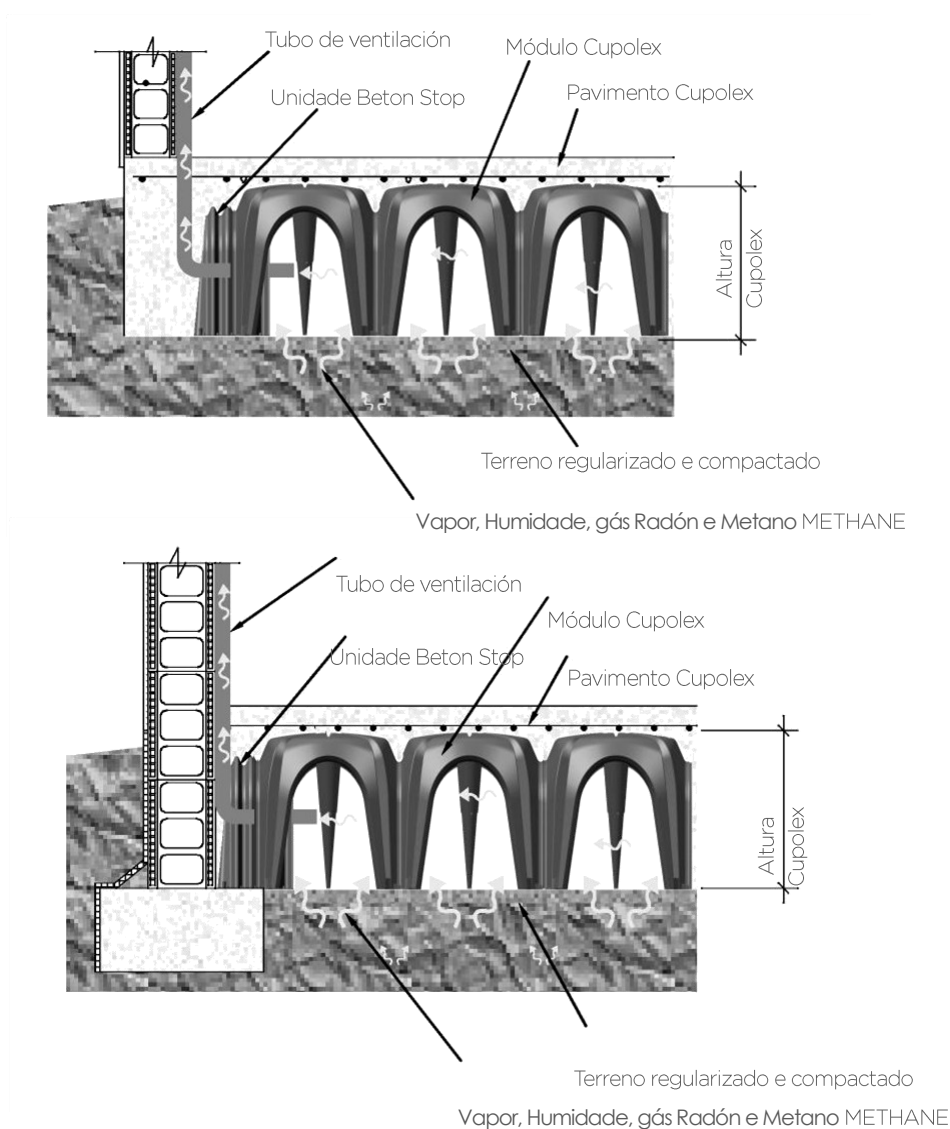


Figura 5 – Configurations genéricas de un pavimento Cupolex.

EJEMPLO 2 – PAVIMENTO INDUSTRIAL Y COMERCIAL

El sistema Cupolex puede estudiarse específicamente para aplicaciones industriales, permitiendo sobrecargas de uso de hasta 1800 kg/m²; en estos casos es necesario un estudio detallado de la solución para definir la base de apoyo, la lámina de compresión y las armaduras necesarias para la eficiente distribución de los esfuerzos en los apoyos del sistema y, en particular, para la dispersión de cargas puntuales.

Especial cámara frigorífica

El sistema Cupolex resulta especialmente indicado para instalaciones de cámaras frigoríficas, ya que permite garantizar un aislamiento eficiente del espacio de carácter industrial y, al mismo tiempo, evitar la congelación de los suelos adyacentes.



Figura 6 - Ejemplos de instalaciones diversas de pavimentos Cupolex.



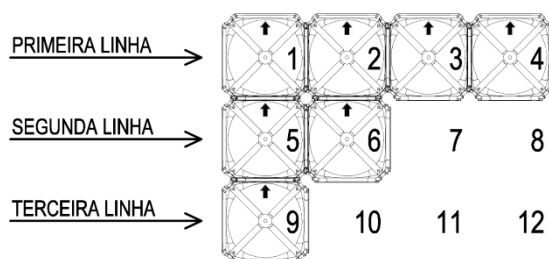
EJECUCIÓN DE UN PAVIMENTO CUPOLEX

El sistema Cupolex se caracteriza, tanto en su componente técnica como de producto, por una rapidez y facilidad de montaje que, cuando está debidamente proyectado, le confiere una importante celeridad al proceso constructivo.

El plano de distribución del sistema constituye, por tanto, un paso importante en la definición de la solución y la preparación de los trabajos; según la opción del proyectista, el Cupolex podrá disponerse entre zunchos, vigas de cimentación, zapatas, encepados de pilotes o entre muros ya construidos. Para ello deberán estar previamente definidas las alturas necesarias, los puntos de inicio del montaje y la distribución que reduce o evita el desperdicio de módulos Cupolex.

Proceso de montaje:

- El plano de distribución deberá indicar el punto de inicio;
- Los módulos Cupolex están identificados con una flecha que indica la posición de montaje;
- Los módulos Cupolex se montan de izquierda a derecha y de arriba abajo;
- Deben colocarse las unidades Beton Stop (si están previstas en el proyecto);
- La colocación de las armaduras se realiza sobre separadores colocados en la cúspide del módulo Cupolex;
- El hormigonado se realiza de forma convencional, pudiendo utilizarse acabados mecánicos.



Secuencia de montaje de los módulos Cupolex



Figura 7 - Fases de montaje del pavimento Cupolex.



ANEXO A - COMPOSICIÓN

Pontarolo Engineering fabrica el sistema Cupolex en polipropileno reciclado, o más concretamente, en un material termoplástico obtenido mediante un proceso de trituración de objetos plásticos seleccionados y controlados (por ejemplo, sillas, parachoques, etc.). Por lo general, los principales elementos que componen el polipropileno reciclado son:

- Polipropileno PP y polietileno PE, de baja densidad (LD) y alta densidad (HD), en un copolímero;
- El carbonato de calcio/talco, que constituye la denominada matriz que confiere al material una elevada rigidez externa;
- Fluidez, necesaria para el proceso de moldeo.

POLIPROPILENO

El polipropileno es un polímero termoplástico de vinilo obtenido a partir de etileno y propileno, que son subproductos derivados del gas benceno refinado. Estos gases se polimerizan en polipropileno y polietileno a alta temperatura y presión, en sistemas de compuertas dentro de un proceso cerrado, sin emisiones a la atmósfera. Los productos acabados son gránulos de plástico de polipropileno y polietileno, compuestos por moléculas de hidrógeno y carbono. Cuando se incineran, las únicas sustancias liberadas son dióxido de carbono y agua. Al tratarse de termoplásticos, pueden reciclarse, incinerarse o depositarse fácilmente en vertederos controlados. Todos los residuos de consumo y producción pueden reciclarse fácilmente. El producto final es resistente y duradero, capaz de soportar temperaturas extremas y el envejecimiento sin romperse ni rasgarse.

REQUISITOS AMBIENTALES

De este modo, el sistema Cupolex contempla cuatro de los principales parámetros de la sostenibilidad ambiental:

- Minimización del uso de recursos naturales;
- Reducción de la emisión de sustancias contaminantes;
- Existencia de ciclos de vida del producto largos;
- Reutilización y reciclaje de todos sus componentes.



ANEXO B – INTRUSIÓN DE GASES

INTRUSIÓN DE VAPORES Y CONTROL DEL GAS RADÓN

Años de investigación y aplicación han demostrado que la intrusión de vapores, como el gas radón, puede controlarse eficazmente utilizando ventiladores para extraer el aire del suelo situado bajo el pavimento (véase EPA 1994, ITRC 2007), una tecnología conocida y frecuentemente empleada en la despresurización del subsuelo.

VENTILACIÓN MÁS EFICIENTE

Tradicionalmente, la despresurización obliga a extraer el aire del subsuelo de un edificio mediante una ventilación localizada bajo la losa. En el caso de los pavimentos convencionales, los ventiladores deben ser lo bastante potentes para despresurizar el suelo y extraer el aire a través de las capas de arena o grava allí colocadas, lo que obliga a disponer de un número elevado de puntos de succión para despresurizar todo el pavimento del edificio. Los suelos ventilados Cupolex pueden sustituir simplemente la arena y la grava por una gran cámara de aire creada por el sistema en la parte inferior del pavimento, constituyendo así un medio más eficiente, eficaz y previsible para la circulación del aire.

POTENCIAL DE VENTILACIÓN PASIVA

Aunque la despresurización del subsuelo es, en teoría, la forma más eficaz de controlar la intrusión de vapor, la ventilación pasiva es, por otro lado, la solución más sencilla y económica, tanto en la fase de montaje como a lo largo del ciclo de vida de la estructura. La capacidad de los sistemas tradicionales para despresurizar el subsuelo y ventilar los pavimentos es cuestionable, y con frecuencia resulta simplemente difícil mover el aire a través del suelo sin la energía fiable de un ventilador (EPA, 1994).

La aplicación del sistema Cupolex crea, por tanto, una nueva oportunidad para la ventilación pasiva, con una cámara de aire que permite que el aire se mueva con gran facilidad bajo gradientes térmicos naturales o el viento. Ove Arup (1997) demuestra que la cantidad de aire que se mueve a través de un sistema abierto como el vacío Cupolex es aproximadamente 10 veces mayor que el volumen de aire que circula a través de una capa de grava, aumentando así la viabilidad y la eficacia de un sistema pasivo.

Se han realizado estudios detallados por Arup Ambiental y la Universidad de Kingston, comparando varias alternativas de mitigación de la intrusión de vapor.

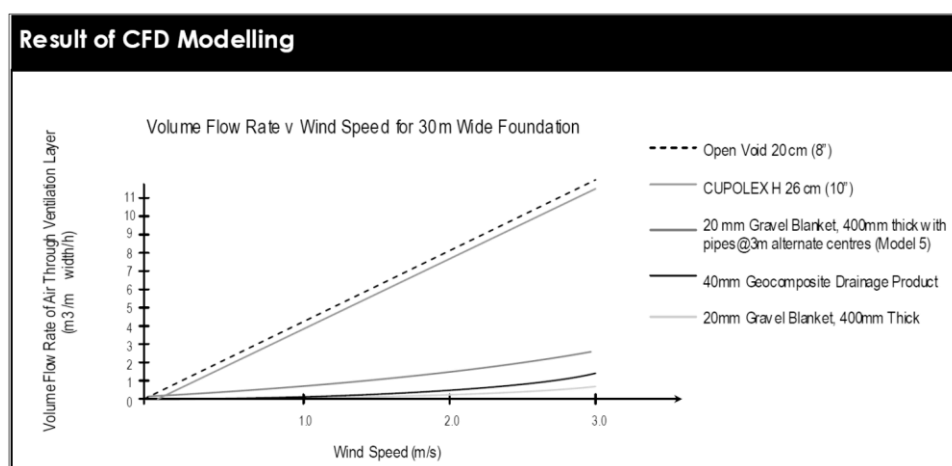


Figura 8 – Gráfico comparativo del rendimiento de varias soluciones de pavimento.



ANEXO C – HUMEDAD Y CALIDAD DEL AIRE

Mientras que las membranas suelen ser necesarias en los sistemas de aislamiento para funcionar como barreras (deteniendo esencialmente el flujo de vapores), los sistemas de mitigación, como el sistema de suelo CUPOLEX®, que dependen de la ventilación o la despresurización gaseosa (desvían y diluyen los vapores), no necesitan membranas. De hecho, los sistemas de despresurización se desarrollaron para su instalación en edificios existentes, donde las membranas no podrían colocarse; además, los sistemas de mitigación que diluyen los vapores por debajo del suelo y cuyo rendimiento puede supervisarse y controlarse (por ejemplo, mediante el funcionamiento de ventiladores y mediciones de presión) tienen la ventaja de no permitir la concentración de vapores.

SOLUCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA HUMEDAD Y EL MOHO Y LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Las láminas de hormigón de las losas de planta baja convencionales están en contacto con el suelo; como resultado, la humedad transmitida a través del hormigón contribuye a la aparición de moho en los pavimentos acabados, causando daños arquitectónicos de elevado coste. Manteniendo secas la parte superior e inferior de la lámina de hormigón del pavimento, se reducen los problemas de humedad excesiva, que se ha asociado a efectos adversos para la salud, especialmente el asma y las enfermedades respiratorias.

El sistema Cupolex genera un vacío bajo el pavimento, lo que se traduce en la ausencia de contacto entre el hormigón y el suelo, y constituye la principal ventaja respecto a cualquier otro sistema de losa de planta baja. En primer lugar, porque el vacío formado es estanco al agua, ya que todos los componentes del sistema son de polipropileno, lo que proporciona una excelente barrera frente a la humedad. En segundo lugar, evita el proceso de lixiviación del agua por contacto con el hormigón, impidiendo así su deterioro y el establecimiento de un proceso acelerado de corrosión que afecte a la durabilidad de los elementos estructurales. Por último, la ventilación de la cámara de aire de los pavimentos puede ayudar eficazmente a controlar y reducir los contaminantes del aire, los niveles de humedad y los niveles de temperatura, factores que se han asociado a la salud humana, al confort y a la productividad.

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL VAPOR

Con el sistema Cupolex, los proyectistas, constructores y demás profesionales de la construcción pueden ofrecer soluciones rentables de control preventivo y mitigación en edificios de nueva construcción, reduciendo el consumo de hormigón y el ciclo de construcción.

Incluso cuando los tipos de suelo y los niveles freáticos garantizan la ausencia de agua, los vapores de compuestos químicos volátiles pueden migrar a lo largo de vías subterráneas e infiltrarse en edificios vecinos en niveles que pueden comprometer la calidad del aire interior. Un periodo prolongado de exposición a productos químicos puede tener efectos nocivos para la salud humana. Cuando existe una elevada concentración de contaminantes en el aire interior, esta puede detectarse por el olor, lo que permite reconocerla y proceder rápidamente a las correcciones necesarias; sin embargo, en los casos en que las concentraciones son bajas y no resultan fácilmente detectables, la necesidad de actuar puede percibirse con mayor dificultad, originando periodos prolongados de exposición a estos agentes.



ANEXO D – PRUEBAS DE CARGA

DATOS DE LOS ENSAYOS DE CARGA REALIZADOS EN ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS SOBRE CUPOLEX

La empresa de ingeniería Pontarolo Engineering s.r.l. (San Vito al Tagliamento, Italia) realizó una serie de ensayos de carga en varias estructuras de hormigón construidas con elementos Cupolex.

El ensayo consiste en cargar la estructura con un pistón hidráulico hasta provocar la rotura. La carga se aplica en el centro del suelo, en un área de $0,56 \times 0,56 \text{ m}^2$. Entre el pistón y el hormigón se coloca una placa rígida que, gracias a una capa de goma, garantiza una distribución uniforme de la presión sobre el área cargada. El pistón se apoya en un puente grúa anclado a una piscina de hormigón armado de 1,5 m de profundidad, preparada para contener el terreno.

El espesor del terreno y el tamaño de la piscina (en comparación con el modelo) garantizan que, durante el ensayo de rotura, el comportamiento del suelo sea independiente de las conexiones con los muros de contención y la losa de fondo de hormigón. Esta afirmación se ha verificado con un modelo de elementos finitos en el que el terreno se representa como un medio homogéneo con comportamiento elástico lineal.

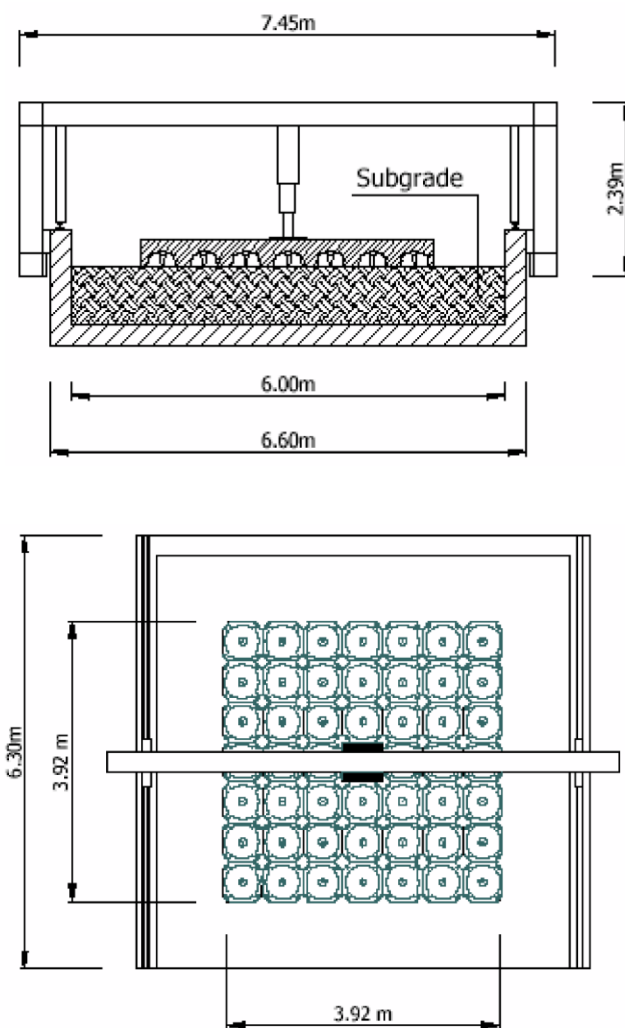


Figura 9 – Sección transversal y planta de instalación del ensayo.

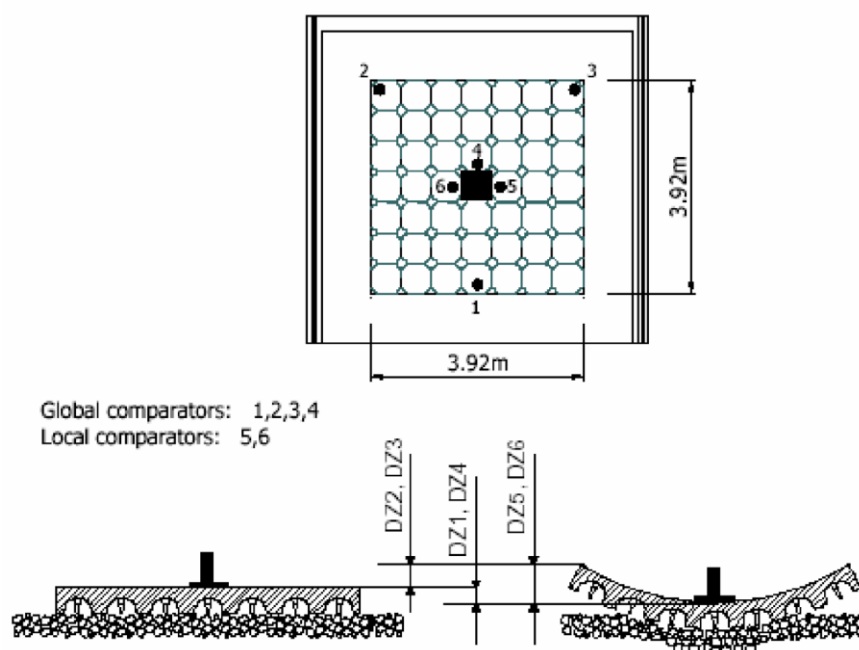


Figura 10 – Disposição de los distanciómetros.

La muestra está constituida por un conjunto de 7x7 módulos de Cupolex colocados uno junto a otro, como se muestra en la figura anterior. En algunos ensayos, el tamaño se redujo a conjuntos de 5x5 módulos para evaluar la influencia de la dimensión de la muestra en el mismo tipo de terreno, concluyéndose que la diferencia de tamaño no es relevante, dado que los módulos del perímetro, para pequeños espesores de la lámina de compresión (50 mm) y para cargas concentradas en el área central, se levantan respecto al suelo durante el ensayo.

Para las condiciones de carga y los terrenos considerados, puede afirmarse que los apoyos en el perímetro de la muestra no tienen ninguna influencia en la evaluación de la capacidad resistente. Por lo tanto, las muestras de 5x5 pueden considerarse equivalentes a las de 7x7.

La lectura de los datos se realiza con 6 distanciómetros centesimales dispuestos como se indica en la figura anterior. Los puntos 1, 2, 3 y 4 están conectados a la piscina de hormigón y miden el desplazamiento vertical absoluto. Los puntos 5 y 6 miden, por el contrario, el desplazamiento relativo (indicados respectivamente como DZ5 y DZ6), calculado mediante la diferencia entre el desplazamiento bajo el punto central, situado inmediatamente junto al área cargada, y el lado exterior de la muestra.

El contacto entre la muestra y el terreno se realiza a través de los apoyos que se forman entre los elementos modulares. Sus dimensiones en planta son de aproximadamente 12x12 cm² en las zonas centrales. El área se reduce a 1/2 y a 1/4 en el perímetro y en los ángulos, respectivamente.

La carga aplicada puede considerarse de corta duración.

Mediante ensayos experimentales se reproduce el mecanismo típico de rotura por flexión-cortante. En casos reales, las distribuciones de carga de mayor interés son aquellas que maximizan los momentos flectores (positivo y negativo) que producen roturas al superar la resistencia a flexión de la lámina de compresión.

La carga última varía en función de la geometría de la losa, de la cantidad de hormigón, del tipo de terreno y de la cantidad de armadura presente en la lámina de compresión.



Los casos más habituales en las aplicaciones tradicionales del sistema Cupolex están representados por las curvas A, B y C, y están constituidos, en general, por:

- Terreno compactado
- 5 cm de hormigón de limpieza
- Cupolex H26
- Lámina de compresión de 5 cm (muestra A), 8 cm (muestra B) y 12 cm (muestra C)
- Malla cuadrada $\Phi 6/0.20$ en A500 en la lámina

Las cargas que produjeron la rotura por mecanismo de flexión-punzonamiento de la estructura fueron:

- 300 kN para la muestra A
- 370 kN para la muestra B
- 560 kN para la muestra C

En todos los casos, las fuerzas se aplicaron sobre una base metálica de 56x56 cm.

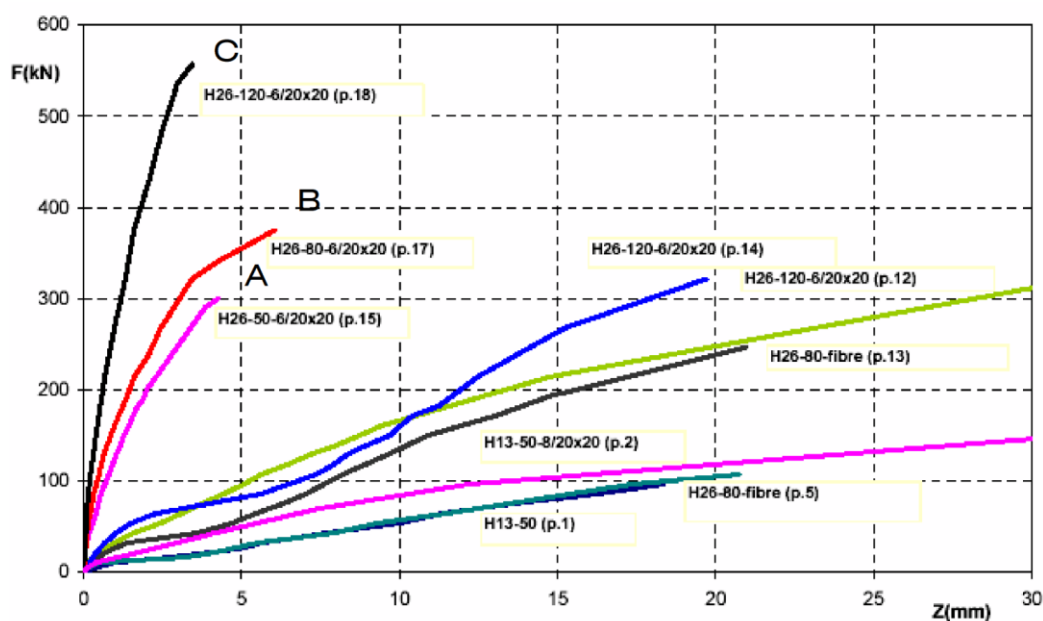


Figura 11 – Registro de los ensayos de carga

Es importante señalar que todos estos ensayos se realizaron sobre hormigón pobre y terreno, es decir, sobre una base flexible, estimándose que, al aplicarse sobre una base rígida (por ejemplo, una losa de hormigón), las capacidades de carga sean superiores.

Nota: Este anexo resume los resultados de los ensayos realizados para la empresa Pontarolo Engineering, propietaria de la patente del sistema, siendo la autoría del estudio responsabilidad del Prof. Stefano Secchi, investigador de la Universidad de Padua, Italia.



