

I. Título

Sistema constructivo estructural, aligerado y modular basado en tres tubos cilíndricos

II. Inventores

Gustavo Robledo Isaza
Gustavo Robledo Vásquez

III. Resumen

La presente invención comprende un sistema constructivo estructural, aligerado y modular a partir del uso de tubos cilíndricos cuya coincidencia tangencial circunscribe formas triangulares. El sistema constructivo pretende reemplazar el uso de complejas estructuras de concreto macizo para la construcción de puentes, viaductos y diques, así como de grandes masas de tierra y estructuras de contención en el campo de la construcción de terraplenes.

IV. Ámbito tecnológico

La presente invención se refiere al ámbito de la ingeniería civil, en particular de las estructuras, y más especialmente a un sistema constructivo estructural, modular y aligerado altamente resistente gracias a su diseño tipo colmena.

V. Antecedentes

Todas las referencias, incluidas las patentes o solicitudes de patentes citadas en esta memoria descriptiva, quedan incorporadas por remisión. El solicitante no acepta que toda referencia forme parte del estado de la técnica –estas son simples afirmaciones realizadas por los autores, y el solicitante se reserva el derecho de impugnar la exactitud, pertinencia o dominio de los documentos citados.

En el estado de la técnica se conocen varios tipos de sistemas estructurales para la construcción, que dependen del tipo de obra requerida. Para el caso de la construcción de puentes, viaductos y diques de contención de fluidos, se conocen sistemas estructurales a partir de concreto. En otros supuestos, por ejemplo, en el caso de construcción de terraplenes, se utilizan grandes masas de suelo al margen del uso del concreto.

El concreto es un material compuesto, formado esencialmente por un aglomerante al que se añaden partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos¹, elementos que aportan las densidades básicas para cumplir con su función de resistencia y durabilidad a los agentes atmosféricos y a las cargas de diseño de los elementos que se obtienen a partir de su uso.

El hormigón o concreto simple es altamente eficiente para soportar esfuerzos de compresión, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras simples, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2.200 hasta 2.400 kg/m³ (137 hasta 150 libras/piés³).

En muchos casos, cuando las dimensiones de los elementos constructivos requieren ser disminuidos en su tamaño y se verifican altos esfuerzos tensores es necesario combinar el concreto simple con barras de acero para obtener un concreto reforzado. En el diseño del concreto armado (reforzado), el peso unitario de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera de 2.400 kg/m³ (150 lb/ft³).

Teniendo en cuenta las grandes ventajas que representa el uso del concreto como material altamente resistente y duradero, que se utiliza en la construcción de estructuras de puentes, viaductos y diques de contención de fluidos o presas, su uso, en dichas estructuras se presenta habitualmente en forma de elemento macizo, que en muchos casos llevan a superar la capacidad de soporte del suelo natural donde se instalan y conlleva el uso de grandes volúmenes de materiales.

Así mismo, en el caso de sistemas de construcción sin uso del concreto, por ejemplo los terraplenes a partir de masas de suelo, se tiene como inconveniente fundamental la incidencia de los factores climáticos, especialmente de la lluvia, toda vez que la obra se

¹ <https://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>

realiza *in situ* afectando de manera directa la calidad y estabilidad de la obra, sus rendimientos y cronogramas, pudiendo conducir al fracaso de la obra.

Por otra parte, existen sitios en los que la capacidad de soporte del terreno natural es tan limitada que el acomodo de masas adicionales de suelo es imposible o requiere de enormes extra costos, así se trate de llevar a cabo proyectos de gran envergadura como aeropuertos, ferrovías y carreteras de primer orden. Sumado a lo anterior, la construcción tradicional de terraplenes requiere grandes volúmenes de tierra y maquinaria, mano de obra y desplazamiento logístico, que representan grandes costos que pudiesen ser disminuidos en parte si se anticipasen procesos de fabricación de elementos (prefabricados), como producción en serie bajo cubierto.

Se conocen patentes que han procurado solucionar los problemas descritos. La patente número US20060239783A1 hace referencia a un aparato y método para estabilizar un terraplén de tierra. Consiste en una estructura para estabilizar un terraplén de tierra que comprende un soporte terraplén para la restricción del movimiento de al menos una parte del muro de contención, una geomalla de fibra flexible que se extiende longitudinalmente a través del terraplén a partir de una primera porción de extremo fijado al soporte a una segunda porción de extremo, y medios de anclaje para fijar una de las partes extremas. No obstante, esta invención se trata de un elemento para transferir esfuerzos que ayudan a aumentar la resistencia, con elementos que contienen al terraplén desde lo externo sin que implique mejorar la resistencia al suelo. De esta forma, las geomallas son telas que absorben esfuerzos.

Por su parte, la patente número US20060204343A1 consiste en una forma compuesta para la estabilización de terraplenes. Una forma compuesta para estabilizar un terraplén de tierra incluye una sección de suelo y una sección de cara y es acoplable a otras formas similares. La sección de suelo incluye miembros de anclaje formados integralmente para asegurar una geomalla con al menos una varilla de anclaje. Esta patente, se refiere, a un soporte interno del terraplén para que no necesite talud. El uso de geomembranas no es condición necesaria para el invento presentado en la presente patente, ya que hoy se usan como garantía de resistencia.

De otro lado, la patente número DE19714766A1 hace alusión a una construcción de estructuras de apoyo y terraplenes empinados. La rejilla de estabilización de la estructura comprende componentes bidimensionales del tipo de placa. En este caso, el acanalado se asocia a la resistencia. Esta patente tiene articulados, lo que no presenta la invención de la patente solicitada.

Finalmente, los sistemas constructivos tradicionales que involucran elementos aligerados para atender estructuras como puentes, vigas, diques, conciben elementos longitudinales macizos tales como: vigas, viguetas, columnas, placas, plaquetas, etc. No se conoce el incorporar elementos prefabricados huecos de forma cilíndrica como elementos de transferencia de esfuerzos.

VI. Descripción breve de la invención

La presente invención aporta una solución a los problemas que representa en el sector de la construcción el uso de importantes elementos de diseño, que en la actualidad, son de gran volumen, peso, dimensiones considerables y de complejidad en su proceso constructivo, lo que por ende los hace muy costosos y restringidos en su uso, en especial para el desarrollo de muros de contención, terraplenes, diques, vigas de gran longitud, columnas, etc.

Los principales problemas asociados a los procesos constructivos tradicionales se enmarcan en:

1. Materiales de alta densidad para la construcción de concretos simples y reforzados, lo que dificulta y encarece enormemente el transporte hasta el sitio de la obra, además de los costos relacionados con la producción, manejo e instalación de concretos en la misma obra.
2. Necesidad de mayores volúmenes de materiales requeridos, con sus correspondientes impactos ambientales.
3. Desarrollo de actividades constructivas en obra a la intemperie que son susceptibles de ser afectadas por condiciones climáticas extremas, especialmente de lluvias, lo que termina afectando la calidad y el cronograma de obras en su ruta crítica y el costo final de los proyectos.
4. Costos adicionales en transporte y disponibilidad de equipos y formaletas.
5. Bajo nivel de uso de elementos prefabricados.

Ahora bien, para comprender la presente invención dada su aplicación en diversos ámbitos de la construcción se requiere detallar el problema ya no sólo desde la generalidad mencionada sino también desde la perspectiva particular.

En primer lugar, la construcción de terraplenes es una necesidad habitual en el campo de la ingeniería civil, en especial, de la geotecnia. Convencionalmente este problema se resuelve con masas de suelo de gran volumen, no obstante, este tipo de soluciones está sujeta a 3 variables, a saber:

1. Capacidad de soporte del suelo natural que recibe los terraplenes.
2. Grandes volúmenes de materiales.
3. Afectación de la obra por factores climáticos lo que altera la calidad y tiempos de ejecución. Este factor se evidencia aún más para la construcción de terraplenes que involucran suelos con algún nivel de plasticidad (arcillas, limos, etc.).

Si sumado a lo anterior se consideran terrenos cenagosos, los problemas son mayores debido a la baja calidad del suelo a causa del alto nivel freático y la humedad. En dichas zonas la construcción de terraplenes se viene realizando mediante el retiro de los materiales inadecuados y su reemplazo por otros de mejor calidad, colocándolos con

extremo cuidado, lo que los hace extremadamente costosos. Este modelo constructivo tiene como problema conexo el romper la continuidad de líneas de flujo en los ecosistemas, generando grandes impactos ambientales negativos, lo que puede incluso llegar a atentar contra la biodiversidad.

Este problema en particular se puede solucionar con una de las formas de realización de la presente invención, esto es, una estructura aligerada, modular, tipo colmena colocada de manera secuencial al eje longitudinal del terraplén, lo que les da libertad a los flujos de agua que inciden en la obra, y su peso total representado en tubos y vigas es inferior al peso del terraplén original que se pretende reemplazar, funcionando como un terraplén flotante. La geometría básica del sistema provee una mayor base de soporte y transferencia de esfuerzos al terreno natural y es compatible con sistemas de transferencia de esfuerzos a estratos de suelo profundos, como son los pilotes y caissons.

Ahora bien, en lo relacionado con diques y presas los principales problemas asociados son:

1. Grandes volúmenes de materiales.
2. Afectación de la obra por factores climáticos lo que altera la calidad y tiempos de ejecución. Este factor se evidencia aún más para la construcción presas a partir de terraplenes que involucran suelos con algún nivel de plasticidad (arcillas, limos, etc.).

El concepto de reemplazar el terraplén también se puede entender aplicado a la hidráulica de construcción de presas para contención de fluidos, en la medida que algunas presas son macizas, construidas a partir de materiales tales como suelo de origen residual, concretos de alta y baja resistencia. En este supuesto, la invención podría reemplazar terraplenes de gran volumen con elementos y materiales que proveen mayores niveles de seguridad.

En lo que respecta a la construcción de vigas de puentes y viaductos, debe decirse, que este tipo de elementos resuelve la conexión horizontal entre dos puntos que a su vez le sirven de apoyo, que se diseñan para soportar su propio peso y para soportar cargas adicionales cuando así se requiera. Se considera un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el extremo inferior y en el extremo superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia. En las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes o punzonamiento.

También pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado.²

Así las cosas, los principales problemas asociados a la construcción de puentes y viaductos son:

1. Exigencia de importantes volúmenes de materiales por el escaso uso de elementos aligerados.
2. Afectación de la obra por factores climáticos lo que altera la calidad y tiempos de ejecución.
3. Elementos de gran peso y dimensiones considerables que exigen enormes equipos para su transporte e instalación, con los correspondientes riesgos asociados.

En cuanto a las estructuras de puentes y viaductos, la invención podría entrar a reemplazar vigas y columnas de gran peso y complejo proceso constructivo, con elementos que tendrían las condiciones básicas para la disminución de volúmenes y peso, conservando el concepto del postensado, con lo que se resuelven vigas para luces de importante longitud.

Es fundamental recordar que en la construcción de puentes y viaductos se utilizan estos elementos catalogados como aéreos, con el problema de que es costoso y complejo no solo su construcción, sino el mantener su estabilidad y soporte.

Finalmente, otra de las formas de realización de la invención es la materialización de “túneles aéreos”, que pueden entenderse como estructuras de transporte y movilidad en general, autoportantes y/o autosoportadas, resistentes a factores externos como impacto e insonorizadas.

Este tipo de estructura aparece cuando se diseña una estructura en triángulo equilátero de acomodo secuencial de tubos, con un mínimo 28 unidades, donde se reemplazan 7 en la periferia de su centro geométrico por un único tubo de mayor diámetro, dejando un espacio interior libre que no solo tendría fundamento estructural sino funcional. Como ejemplo estarían los falsos túneles, contruidos por las montañas para mantener la movilidad y la seguridad de desplazamiento (falsos túneles para control de avalanchas por nieve o escombros).

Ventajas de la invención:

1. Cuando entra a reemplazar parte de un terraplén común o de un muro de soporte, los volúmenes y pesos son ostensiblemente menores, por tratarse de una estructura aligerada, cuyas pendientes externas pueden ser más

² Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Forjado>

pronunciadas que las de cualquier terraplén común. Dicha pendiente es eminentemente estable por tratarse de una estructura de concreto reforzado, de resistencia probada a los agentes erosivos.

2. Los tubos circulares que son elementos conocidos desde siempre por la sencillez de su construcción, por su probada resistencia y homogeneidad en la transferencia de cargas y esfuerzos, se entiende como una enorme ventaja sobre cualquier otra estructura, pues en el caso particular del nuevo sistema, pueden ser contruidos in situ sobre formalelas rodantes o como aros pre fabricados que pueden transportarse más fácilmente y ser ensamblados en serie, para luego ser pos tensados y llevarlos a operar como tubos de mayor longitud. Dentro del proceso de fabricación de los tubos por ensamble de aros se pueden obtener tubos de pared interior circular uniforme (uso mixto para transporte de fluidos y resistencia estructural) y tubos de pared interior ondulada a partir de “crestas” o áreas extras para asumir esfuerzos de postensado, y donde de manera adicional, se pueden instalar elementos radiales de refuerzo interno (tipo rin de bicicleta) con lo que se puede reducir el volumen y peso en los aros para fabricación de tubos.
3. El poder tener estructuras modulares huecas de contención para resolver grandes longitudes y alturas, conformadas entre otras cosas por tubos, permite introducir mecanismos de control y observación visual en todo momento, lo que garantiza atender en el menor tiempo posible cualquier falla o deterioro de la estructura sin temor a equivocarse. Cabe anotar, que los espacios vacíos que entrega el aligeramiento de la estructura, también pueden usarse como líneas de evacuación de aguas y lixiviados del sub drenaje en los terraplenes y masas de fluidos en general.
4. En lo que respecta a reemplazar puentes y viaductos tradicionales, este tipo de estructura cuando se instala a favor de las líneas de flujo permite el paso de agua a través de los diferentes tubos superpuestos, con lo que se disminuyen costos en estructuras de drenaje y se mitigan efectos ambientales.
5. La invención también puede ayudar a resolver grandes luces o longitudes cuando se entiende como viga Tipo I (Viga en la que los esfuerzos de compresión y flexión en el centro de misma son prácticamente nulos – eje neutro) y que se obtiene al conectar un par de estructuras triangulares iguales y opuestas entre sí, sobre un círculo central que les es común.

VII. Descripción de las figuras

Figura 1. Realización preferente de la invención que conforma un triángulo equilátero.

1A, 1B, 1C: Tubos cilíndricos de igual diámetro exterior

2A, 2B, 2C: Vigas de confinamiento

3: Uniones mecánicas entre los tubos cilíndricos

4. Perforaciones comunicantes

Figura 2. Realización alternativa de la invención que conforma un triángulo isósceles.

1D: Tubo cilíndrico con menor diámetro exterior que 1B y 1C

1B, 1C: Tubos cilíndricos dos con igual diámetro exterior

2 vértices iguales en la base y uno menor en el extremo superior

Figura 3. Realización alternativa de la invención que conforma un triángulo escaleno con tubos cilíndricos con diferente diámetro exterior. Vértices diferentes.

Figura 4. Progresión geométrica a partir de los tubos cilíndricos

5: Tensores entre vigas de confinamiento

Figura 5. Sistema longitudinal en paralelo a la longitud mayor de un terraplén

6: Líneas de esfuerzo

7: Masa de terraplén a contener

8: Terreno natural

9: Nivel horizontal (cota fluidos)

Figura 6. Sistema para la contención de terraplenes perpendicular. Lógica trapezoidal de armado.

Figura 7. Perspectiva del sistema básico en paralelo para diques y terraplenes

Sistema paralelo o perpendicular

10: Sección aros de ensamble modular

Figura 8. Expansión del sistema por triángulos equiláteros con alternancia de triángulos y vértices opuestos

Figura 9. Terraplén flotante

Figura 10. Viga tipo I

- 11: Triángulo equilátero base de construcción de la sección transversal de la viga I
- 12: Triángulo equilátero inverso al triángulo base complementario a la sección de la viga
- 13: Tubo cilíndrico común
- 14: Eje neutro de esfuerzos

Figura 11. Viga triangular equilátero multifuncional para transporte o movilidad a través de la sección mayor del interior de la viga

- 15: Tubo de mayor diámetro
- 16: Puntos de apoyo tangencial sobre 6 tubos circunvecinos

Figura 12. Ensamble de aros para la conformación de tubos cilíndricos

- A: Aros
- B: Barras o cables de acero

Figura 13. Aros de ensamble para conformación de tubos cilíndricos de uso estructural

- 17: Crestas interiores (área adicional en sección transversal para esfuerzos de postensado)
- 18: Sección hexagonal
- 19: Sección pentagonal
- 20: Elemento radial

Figura 14. Sistema modular prefabricado de tubos cilíndricos y vigas de confinamiento conectadas a través de uniones mecánicas

- 3D: Conector de unión mecánica tubo- viga
- 3E: Conector viga- viga que puede ser doble o sencillo

VIII. Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere, en su concepción básica, a la combinación de 3 tubos cilíndricos (1A, 1B, 1C, 1D en sus posibles combinaciones) de igual o variable diámetro exterior, e igual o variable espesor, cuya coincidencia tangencial circunscribe formas triangulares, conectados entre sí a través de uniones mecánicas (3) sobre perforaciones en los tubos cilíndricos que se ubican en los puntos de contacto tangencial entre las circunferencias. Dicha unión se da cuando dos de los tubos reciben un tercero ajustado sobre sus puntos de contacto comunes, para luego ser confinados exteriormente (una de las opciones posibles es mediante vigas) (2A, 2B y 2C) en el triángulo que los define tangencialmente, cuyas dimensiones dependerán del tipo de triángulo que se forme.

Una característica importante que se desarrollará a lo largo de esta descripción es que tanto los tubos cilíndricos como los elementos de confinamiento exterior que en su caso podrían ser vigas o losas, pueden ser prefabricadas.

Se considera que los tubos cilíndricos pueden tener igual o variable diámetro exterior (Fig. 1, Fig. 2 y Fig. 3), lo que genera variaciones en el tipo de triángulo que podría obtener luego de ser posicionados, pero que de igual manera podría solucionar problemas de diversa índole dependiendo de la necesidad. Así mismo, los tubos cilíndricos podrían incorporar un sistema, más no sujeto a este, de armado modular.

Esta combinación de elementos y posición crean un sistema constructivo estructural, aligerado, modular, combinado tipo colmena que se fundamenta en el uso de dos elementos geométricos de gran estabilidad y resistencia identificados en la ingeniería y arquitectura, como lo son el triángulo y la circunferencia, que recrean visualmente las estructuras ligeras y funcionales que construyen las abejas.

Se considera como realización preferente de la invención de acuerdo a las alternativas mencionadas, aquella que forma un triángulo equilátero.

Desde la geometría básica, el triángulo equilátero (Fig. 1) que se obtiene en el sistema constructivo estructural tipo colmena, entendido como una estructura muy sencilla y estable, aparece al juntar un mínimo de tres tubos cilíndricos de igual diámetro exterior (1A, 1B, y 1C) y espesor igual o variable, conectados entre sí a través de uniones mecánicas (3) de forma tangencial a las circunferencias, en el que dos de ellos (1B y 1C) reciben un tercero (1A) ajustado sobre sus puntos de contacto comunes y en el que a su vez, también de manera tangencial a las circunferencias, se pueden dibujar tres líneas rectas, que al cruzarse dan forma a esta importante figura de triángulo equilátero.

Ahora bien, a pesar de que la forma de triángulo equilátero se considera como la realización preferente, se han encontrado formas de realización de la invención que comprenden tubos cilíndricos de variable diámetro y espesor, ubicados de forma tal que dan lugar a un triángulo. Esta forma, ya no de triángulo equilátero sino por ejemplo,

isósceles (Fig. 2) y escaleno (Fig. 3), podría ser una solución para determinados problemas que requieran mayor estabilidad en la base de la estructura, por ejemplo.

La disposición, acomodo y estabilidad mínima de todos los tubos (en todas las formas de realización de la invención que se describen) se garantiza mediante dos elementos, el primero, mediante el uso de uniones mecánicas (3) como podrían ser los pernos, tornillos o pasadores, sin que esta enunciación signifique una limitación al tipo de uniones mecánicas que se podrían utilizar; que se ubican dentro de unas perforaciones comunicantes (4) previamente generadas en los puntos de apoyo tangencial entre los mismos tubos, y el segundo, a través de 3 vigas (2A, 2B y 2C) de ancho variable (potencialmente losas) de confinamiento exterior al sistema de tubos cilíndricos agrupados y ubicados en cada lado del triángulo que lo limita exteriormente.

Este triángulo toma la forma y función de un elemento constructivo que permite aumentar la solidez y contención del sistema básico de tubos, cuyas dimensiones pueden ser variables para un mismo sistema y que pueden también ser prefabricadas.

El sistema constructivo estructural que se propone permite desde sus orígenes incorporar algunas variaciones que no afectan la lógica y esencia del mismo, y que por el contrario podrían entenderse como versatilidad constructiva, especialmente en el acomodo de las líneas de tubos cilíndricos de igual diámetro externo y de espesor variable, cuyo inicio se hace siempre sobre dos de los tubos que dan forma al primer triángulo base (1B y 1C) y que puede incrementarse en el mismo sentido de manera secuencial, formado triángulos equiláteros de mayor tamaño en una progresión geométrica según las circunferencias asociadas, así: 3, 6, 10, 15, 21, 28, 36,...etc. (Fig. 4). El triángulo equilátero formado se encuentra confinado exteriormente y hacia el interior presenta elementos tensores que al ser exigidos, entregan de manera resultante compresión adicional al sistema. Estos elementos tensores se encuentran no sólo en la formación del sistema de triángulos equiláteros sino también en otros tipos de triángulos en las formas de realización de la invención, y se considera que pueden ser, sin estar limitado a esto, cables o barras de acero que unirían las vigas adyacentes o elementos de confinamiento exterior cuando la forma de realización de la invención así lo describe.

Este caso denominado progresión geométrica del sistema en el que se obtienen sólo tres elementos exteriores de confinamiento, como las vigas o losas, se podría advertir un menor nivel de rigidez y arriostramiento de la estructura en general, sin embargo, dicho sistema puede ser mayormente confinado si se le incorporan cables o barras de acero (5) que unan las vigas adyacentes (2A, 2B y 2C) desde diferentes puntos, pasando por dentro de las líneas de los tubos cilíndricos de manera perpendicular, con lo que se lograría un efecto de compensación a los esfuerzos propios del pos tensado final de los tubos, con lo que se obtiene una respuesta del sistema para resistir y contrarrestar los esfuerzos externos.

Adicionalmente, cuando se tienen estructuras que involucran mínimo 28 tubos (Fig. 11), se podría incorporar en el centro geométrico de la figura un tubo de mayor diámetro

(15) que se apoye igualmente de forma tangencial sobre otros 6 tubos circunvecinos (16), permitiendo con esto eliminar 7 tubos en la estructura original, lo que podría representar economías en materiales, tiempos de construcción y dinero, además de ofrecer un uso potencial relacionado con transporte y movilidad sobre un ducto principal que va inserto a la estructura madre de soporte. El triángulo formado se encuentra confinado exteriormente y hacia el interior presenta elementos tensores que al ser exigidos entregan de compresión adicional al sistema, excepto en las líneas que coinciden interiormente con el tubo cilíndrico de mayor diámetro.

En línea con lo anterior, el sistema constructivo modular descrito no sólo permite la progresión geométrica sino también su expansión natural (Fig. 8). El término expansión natural del sistema constructivo se relaciona con la expansión a través de triángulos equiláteros siempre iguales y al triángulo original.

La expansión natural del sistema base de tres tubos cilíndricos confinados por tres vigas (2A, 2B y 2C), aprovecha la coincidencia de los lados (Vigas) para dar forma a otros triángulos iguales adyacentes y/o alternantes. Este modelo básico garantiza un mayor nivel de arriostramiento y rigidez en el total de la estructura combinada. Es importante señalar la estructura básica de este sistema podría expresarse como un sistema constructivo que comprende mínimo 3 tubos cilíndricos conectados entre sí a través de uniones mecánicas que se ubican en los puntos de contacto tangencial entre las circunferencias, que conforman un triángulo confinado exteriormente, y puede expandirse a través de triángulos siempre iguales y contiguos al triángulo original empleando la coincidencia de los lados para dar forma a otros triángulos iguales adyacentes y/o alternantes.

En cuanto a la aplicación industrial de la invención en determinados sectores, se han determinado por lo menos 3, a saber: construcción de terraplenes, puentes y viaductos, diques, sin que esta enunciación implique que la invención sólo pueda ser usada en estos campos.

Terraplenes

En la figura 7 se muestra una perspectiva de la estructura tipo colmena de desarrollo longitudinal (desarrollo principal en paralelo a la mayor dimensión del terraplén) de mínimo 3 tubos, confinados por 3 losas continuas, que definen un triángulo equilátero. Dicha estructura provee importantes espacios de aligeramiento en su interior y resuelve la transferencia de esfuerzos desde las losas inclinadas a ambos lados hasta su entrega final a una losa horizontal que descansa directamente sobre el terreno natural.

Conforme a lo anterior, el sistema constructivo estructural tipo colmena que aquí se presenta puede ser utilizado para la contención de terraplenes. En dicho caso, como ilustra la figura 6, el sistema constructivo puede desarrollarse en paralelo o perpendicular a las líneas de los esfuerzos predominantes en los terraplenes. En esta

estructura las vigas que reciben directamente los esfuerzos deben garantizar a su vez la contención del relleno, por lo que dichas vigas se entienden como losas continuas.

En la figura 5 se puede apreciar la incidencia de las líneas de esfuerzos (6) resultantes de las masas a contener (7), que van de manera perpendicular a la pared inclinada formada por la secuencia de vigas que dan forma a la losa que contiene de manera directa a material de relleno o fluido en general. Para el caso de fluidos, se entiende el relleno, como el área definida por la línea horizontal superior (9), el plano de la losa inclinada a izquierda y el contorno del terreno natural original (8).

Puentes y viaductos

En la figura 9 se aprecia la prelación de un sistema modular base de tres tubos confinados por 3 vigas en un triángulo equilátero, que se expande hacia derecha e izquierda, con posibilidad adicional de hacerlo hacia arriba y abajo. Este sistema puede variar el ancho de la base para ofrecer mayor estabilidad, especialmente cuando se evidencie desarrollos por filas sucesivas de abajo y hacia arriba.

Por su parte, para su uso en puentes y viaductos, la invención también puede usarse para rellenar todo el vacío con mayor certeza aportando una estructura de acomodo vertical de secuencia de armado de abajo hacia arriba. Cuando se requiera garantizar aún más la estabilidad de este tipo de estructura (debido a las mayores alturas a resolver), se anticipa una lógica trapezoidal de armado que entregue mayor base de soporte.

Ahora bien, el sistema constructivo también permite la construcción de vigas tipo I. De amplio uso en la ingeniería, que corresponde a la coincidencia de dos estructuras de triángulos equiláteros o isósceles (11, 12) opuestas entre sí, que comparten un tubo cilíndrico común (13) lo que permite disminuir sección en la geometría básica del elemento. En la sección transversal que se obtiene de dicho elemento, se tiene por simetría vertical el eje neutro (14) o de inflexión de esfuerzos. En resumen, esta realización del sistema constructivo comprende mínimo 2 triángulos equiláteros o isósceles conformados por mínimo 2 tubos cilíndricos cada uno y un tubo cilíndrico común a los dos triángulos, ubicados de forma opuesta entre sí. La conexión entre los tubos cilíndricos es a través de uniones mecánicas que se ubican en los puntos de contacto tangencial entre las circunferencias. La estructura conformada por los 2 triángulos que comparten un tubo cilíndrico común poseen confinamiento exterior en cada uno de sus lados.

Sistema modular

Finalmente, el sistema incorpora una novedad para el sector de la construcción, definida a partir de un sistema modular de aros (10), considerado entonces como uno de los

elementos que le brinda mayor aplicación industrial a la invención. El sistema modular se describe como un sistema de aros (Fig. 12), prefabricados, de diámetro y espesor variable, que se unen unos a otros a partir de perforaciones comunicantes sobre sus paredes (4), por donde se introducen elementos de tensión o compresión tipo barras o cables (5) para finalmente buscar un comportamiento como elemento monolítico.

En el sistema modular los tubos podrían tener unas crestas interiores (17) de área adicional en los puntos de las perforaciones comunicantes (4) donde se aplica la tensión a las barras y a la compresión del sistema de tubos. El mínimo de perforaciones comunicantes de un tubo cilíndrico es de 2. Las crestas impiden que los aros se puedan mover.

En resumen, el desarrollo modular de aros comprende un sistema de aros prefabricados y cilíndricos, de diámetro y espesor variable, que se unen unos a otros a partir de mínimo 2 perforaciones comunicantes que poseen crestas interiores de área adicional sobre sus paredes, por donde se introducen elementos de tensión tipo barras o cables, de manera que los aros se comprimen y forman tubos cilíndricos de mayor longitud. El sistema incorpora un elemento radial de barras de acero insertadas por el interior del mismo aro cilíndrico, cuyos puntos de contacto en el elemento radial coinciden con el centro de las crestas interiores.

Para ilustrar el área extra representada en las crestas internas de los aros, se presentan dos secciones tipo, de composición pentagonal (18) y hexagonal (19) respectivamente con sus correspondientes elementos radiales de refuerzo (20).

Para finalidades estructurales y con el objetivo de disminuir secciones de concreto, el sistema modular podría incorporar un elemento radial (20) de barras de acero que se inserta por el interior del mismo tubo cilíndrico para incrementar la resistencia de los aros.

De manera similar a la construcción de los tubos se puede también construir de manera anticipada las vigas de confinamiento (prefabricadas) para luego ser ensambladas entre sí mediante elementos de unión mecánica o conectores entre vigas (3E) o entre vigas y aros (3D).

Finalmente y en lo que atañe a los tipos de materiales a utilizar, se puede decir que la gama está definida por los elementos de uso tradicional, especialmente concretos, aceros y plásticos en general.