

**Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña  
Facultad de Ciencias y Tecnología  
Escuela de Ingeniería Civil**

**“Sistema constructivo basado en Hormigón Celular y estudio comparativo con el  
sistemas de Hormigón tradicional”**



**Sustentantes:**

*Jensil Regalado González*                      06-0709  
*Danni De la Cruz Hernández*                08-1143

**Tesis de Grado para optar por el título de Ingeniería Civil**

**Asesor:**

*Ing. Ramón Tavárez*

*Junio, 2015*

*Santo Domingo,  
República Dominicana.*

***“La creatividad requiere tener el valor de desprenderse de las certezas”***  
*Erich Fromm*

**Jensil Regalado González Mejía**

## **DEDICATORIAS**

Todo logro y merito alcanzado lo dedico a **Dios**, a mi grandiosa y valiosa **Madre**. Mami después de Dios tu eres la fuerza que me ha llevado a este gran logro, TE AMO mami.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Fue y es quien me ha dado las fuerzas para alcanzar todo, sin Él, nada de lo que hoy es, hubiera sido.

### **A mi Madre: Modesta González Mejía**

La Mujer más luchadora que he conocido, su apoyo, motivación y esfuerzo, para mí no tiene comparación.

### **A mis hermanos: Luis Alberto Regalado y Adonis González**

Su apoyo y fe me han ayudado en esta etapa de mi vida.

### **Mi padre Ramón A. Regalado**

Su ayuda represento gran parte de esta carrera.

### **Elvira Reyes, Zarowel Vilorio, Milagros Cáceres**

Gracias.

### **Mis tíos y tías González Mejía**

María, Jesús, Ramona, Mariano, Mercedes, Máximo, Alejandrina, fueron un apoyo para mí. Pero quiero destacar el gran soporte y ayuda que fueron: Julia, Josefina, Felicia, Antonia.

### **A mi Prometida: Yeimi F. Lara Martínez**

Mi lucha fue librada también por ella y se mantuvo junto a mí hasta alcanzar la meta.

### **A mi pastora: América Rodríguez**

Lo que su ayuda representa para mí tiene gran peso y valor, nunca imagine que alguien pudiera brindar tanto apoyo a otra persona, sin ser de su familia y sin deberle nada.

### **A la Anciana María Noelia García**

Cariñosamente Maro, que ha sido para mí como una madre, ha sido un apoyo y soporte. A mi suegra Elva Martínez por soportarme, como una madre a su hijo me escogió y fue motivo de mi superación.

No puedo dejar atrás a German López que ha sido como un padre y a Nancy M. Olivo que siempre ha sido desde mi niñez un gran apoyo y motivación para mis logros.

### **A mi Asesor: Ing. Ramón Tavarez**

Gracias por su dedicación y tiempo.

**DEDICATORIAS**

**Mis padres**

Por ser mi primer apoyo, gracias a ellos estoy logrando esta meta.

**Mis familiares**

Por ser parte de esta menta junto conmigo.

**Profesores**

Por ofrecer sus conocimientos para nuestra formación y desarrollo en nuestras carreras como futuros profesionales.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios.**

Gracias a Él por la vida, permitirme lograr esta meta y me de vida y salud junto a colegas para desarrollarme en el área que estoy logrando.

### **A mis Padres.**

Mi madre Yuly Hernández, por estar ahí desde el 1er día hasta el último en este logro, su esfuerzo en cada momento por preocuparse en el desarrollo de mi futuro en la sociedad y como persona.

Mi padre Nelson De la Cruz, por el apoyo inalcanzable a través de mi tiempo universitario y su esfuerzo para lograr esta meta tan esperada.

### **A mis familiares.**

Por ser parte de esta meta para el desarrollo a mi persona. Mis hermanos; Donni, Isaura, Annel, Lisa. Mis abuelos: Guillermo, Austria, Loida, Zunilda. También mis primos y demás familiares.

Mi Hija, Scarlet Daniela De la Cruz Hernández y esposa Carla Patricia Hernández, por ser parte de mi vida y estar presente en todo momento.

### **UNPHU**

Por ser la institución calificada para lograr esta meta más importante a lo largo de mi vida para el desarrollo personal, laboral y social.

### **Ing. Ramón Tavarez**

Por su apoyo incondicional como asesor y profesor mostrándonos sus valores como persona y profesional para el buen desarrollo de nosotros los estudiantes.

## **Ing. Jensil Regalado**

Por estar juntos en esa travesía como estudiantes y compañeros de tesis, ha sido un placer y seguirá siendo en nuestra carrera profesional, Gracias.

## **A mis Compañeros y Amigos.**

Gracias por ser compañeros y apoyos mutuos en todo el curso de la carrera a mis compañeros: Randy Dominguez, Roberto Rosario, Bienvenido Victoriano, Evander Gomez, Oscar Gomez, Valentin Gomez, Bryan Fernandez, Melissa Feliz, Kenia Mercedes, Ariel (el menor), Leidy, Gabriel Santana, Hector Omar, Aneurys Gonzalez, Diego Tavarez, entre otros Gracias.



## INDICE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
Descripción del problema.....	13
Formulación del problema.....	13
Limitación del Problema.....	14
Justificación del problema.....	14
OBJETIVOS.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
Antecedentes.....	15
En el mundo.....	15
En República Dominicana.....	15
GENERALIDADES.....	18
Elaboración del Bloque de Hormigón Celular curado en autoclave.....	18
Máquina de Corte.....	19
Principio de funcionamiento.....	19
Especificaciones técnicas principales.....	20
Materias Primas.....	21
Arena.....	21
Cal, Cemento y Yeso.....	21
Agente Espumante.....	22
Propiedades de los Bloques de Hormigón celular.....	24
Resistencia Mecánica y solidez.....	24
Liviandad.....	25

Aislamiento térmico .....	26
Protección contra el fuego .....	27
Aislamiento Acústico.....	28
Protección contra la humedad .....	29
Permeabilidad.....	29
Sostenibilidad .....	29
Ahorro de Energía .....	30
Rapidez de Construcción.....	30
Obras limpias y aprovechamiento de materiales .....	30
Durabilidad .....	30
Precisión.....	30
Propiedades Químicas (PH) .....	30
Productos Prefabricados de Hormigón Celular.....	30
Algunas investigaciones realizadas acerca del comportamiento general de Hormigón celular.....	35
MARCO METODOLÓGICO .....	40
Hipótesis: .....	40
Nivel de Investigación. ....	40
Diseño de Investigación.....	40
Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	40
Variables.....	41
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFIA .....	44
ANEXOS.....	45
Anexo A. Ficha Técnica Bloques de Hormigón Celular para muros de Carga.....	46

Anexo B. UNE EN 771-4, Especificaciones de Piezas para fábrica de Albañilería, Bloques de Hormigón Celular curado en Autoclave. ....	49
Anexo C. UNE EN 998-2, Especificaciones de Piezas para fábrica de Albañilería, Morteros para Albañilería. ....	51
Anexo D. UNE EN 845-2, Especificaciones de Piezas para fábrica de Albañilería, Dinteles. ....	53
Anexo E. DB-SE-F del CTE, norma seguridad estructural para Hormigón Celular.....	55
Anexo F. Presentación Bloque de Hormigón Celular para Muros de Carga. Hebel, Xella Chile. ....	61
Anexo G. DAU 03/012E, Documento de adecuación al uso, Bloques de Hormigón Celular para muros de Carga. ....	64
Anexo H. DIN 4102 parte 4 clase A1, Documento de adecuación al uso, Bloques de Hormigón Celular para muros de Carga. ....	71
Anexo I. Cotización Materiales Prefabricados de Hormigón Celular Importados. ....	79

## **INTRODUCCION.**

A medida que avanza el tiempo también avanzan los cambios en la construcción, nuevos descubrimientos y nuevas formas de implementación como también modificaciones y variantes de productos.

El Hormigón Celular surge del deseo de un arquitecto: J. A. Eriksson queriendo aprovechar las características positivas de la madera (aislamiento, solidez y trabajabilidad) pero a su vez quitar sus desventajas (combustible, fragilidad y necesidad de mantenimiento).

Como es que el Hormigón Celular siendo creado en 1924 en Suecia y poseyendo características únicas, aun hoy es poco conocido en la Republica Dominicana por no decir totalmente desconocido?

La cultura conservadora y tradicionalista de nuestro país ha hecho, que a pesar de la acogida de este sistema en otros países, este tema sea esquivado por los conocedores del área de la construcción. Aún se conserva la creencia de que este material es solo factible como auxiliar en terminaciones y en el caso de las piezas prefabricadas para muros no portantes, aunque debemos considerar también la dificultad de adquisición que aun presenta.

Fácil de manejar, ahorro de energía, aislamiento térmico y acústico son algunas de las características que destacan al hormigón celular, si bien podemos obtener todo esto en un solo producto y siendo este certificado por las entidades correspondiente en otros países al igual que por normas internacionales, porque no estudiar y sopesar la posibilidad de utilizarse como alternativa de construcción en nuestro país.

Comparado con el concreto normal, el concreto celular presenta varias ventajas, se crea con casi los mismos materiales con los que se crea el concreto normal.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **Descripción del problema.**

En el campo de la Ingeniería, a través del tiempo, el ser humano ha buscado nuevas y mejores opciones para la construcción. Desde el principio de los tiempos se han utilizado los recursos existentes para la creación de materiales que cubran las necesidades que la modernidad va imponiendo.

El mundo avanza y cada vez son más las exigencias del mercado de la construcción, requerimos rapidez, y el tiempo es un recurso bien apreciado en los proyectos de ingeniería. Esta es una de las razones por las que es necesario innovar.

Si bien, esta cantidad desmesurada de materiales y soluciones constructivas, pueden potenciar una falta de identidad arquitectónica y construcciones de poca calidad final, todo ello precedido de una mala praxis, o un desconocimiento general, también es cierto, que bien analizadas, filtradas y seleccionadas, pueden provocar un efecto contrario.

La falta de conocimiento y el temor a lo desconocido, además de las razones políticas y económicas, obstaculizan la innovación en nuestro país.

Consideramos entonces una propuesta digna de estudiar, que reta los métodos adoptados como tradicionales en todo el mundo para la construcción. El Hormigón Celular curado en autoclave se presenta como una alternativa diferente e innovadora dando respuesta a las necesidades actuales de sostenibilidad, preservación del medio ambiente, ahorro energético e insonorización, atributos que el hormigón tradicional sólo puede lograr con otros auxiliares.

### **Formulación del problema**

¿Cuáles son las ventajas del sistema de construcción basado en Hormigón Celular Curado en Autoclave?

¿Es este sistema rentable y competente en comparación con los demás sistemas más comunes?

¿Porque razón aún no ha sido acogido en nuestro país?

### **Limitación del Problema**

El conocimiento de este sistema es carente en nuestro país, no hay referencia para la aprobación de nuevos sistemas constructivos y a pesar de que existen instituciones que regulan estos aspectos, carecen de información o equipos de investigación para evaluar este sistema.

No hay forma de medir los resultados del mismo en nuestro país, ya que no hay manuales que lo regulen a pesar de que algunas empresas han solicitado su estudio. Han formado comisiones pero el proceso no prospero debido a las limitaciones antes expuestas.

Es por esto que la investigación está basada en los resultados de terceros de investigaciones realizadas en otros países.

### **Justificación del problema.**

Los modelos constructivos generalizados estos últimos años son sistemas con mucha elaboración en obra, por lo que requieren de mucho personal, dependientes del agua en gran medida y con mucha generación de residuos y materiales auxiliares. Además para su correcta ejecución, requieren de tiempos de espera, cuidados específicos y acabados finales, por lo que la obra es directamente dependiente para su eficiencia y correcta ejecución de una acertada terminación, con simultaneidad de trabajos técnicos, administrativos y de mano de obra. Cualquier retraso de recepción o ejecución o cualquier fallo de esa ejecución provoca una demora, que unida a otras, por otras causas puede generar pérdidas económicas, y una deficiencia final en la construcción.

El Hormigón es en la actualidad el material más usado en la industria de la construcción, sin embargo la alta densidad o peso volumétrico del Hormigón convencional alrededor de 2350 kg /m<sup>3</sup> ha sido un inconveniente donde la carga muerta es un factor importante. Es muy pesado para ser práctico, sobre todo en la construcción de losas de entrepiso y azoteas, ya que estas están diseñadas para soportar las cargas vivas (personas y mobiliario), dichas cargas se transmiten a las vigas, estas a las columnas y finalmente a la cimentación y al terreno.

Para corregir estas insuficientes cualidades del Hormigón, se han realizado a través de los años múltiples investigaciones con sorprendentes resultados como: El Hormigón celular.

Además con esta investigación se deja una puerta abierta al estudio futuro del Hormigón Celular en la República Dominicana.

## OBJETIVOS

### Objetivo General.

Estudiar la factibilidad del Hormigón Celular en la construcción, analizando su competitividad en aspectos económicos, de resistencia mecánica frente a otras opciones tradicionales del mercado.

### Objetivos Específicos.

- *Estudiar los componentes del hormigón celular*
- *Analizar las ventajas y desventajas de construir con Hormigón Celular.*
- *Conocer las propiedades del hormigón celular*
- *Comparar el material con otros de uso regular.*
- *Comparar los costos de una construcción de hormigón celular.*
- *Analizar la acogida del sistema en la Republica Dominicana.*

## MARCO TEÓRICO

### Antecedentes.

#### En el mundo

El hormigón celular curado en autoclave, (AAC; Autoclaved Aerated Concreat), fue creado en el 1924 por el arquitecto sueco J. A. Eriksson. En busca de un material que presentara las características positivas de la madera (aislamiento, solidez y trabajabilidad) y dejara de lado sus desventajas (combustible, fragilidad y necesidad de mantenimiento), es así como Eriksson logra dar con este elemento que cumplía con sus expectativas.

Este material fue creado en Suecia, la primera empresa en desarrollarlo es Ytong en 1929, durante varios años se destinó exclusivamente a la fabricación de bloques. En Europa se comienza a utilizar en forma masiva después de la segunda guerra mundial. En 1943 nace Hebel en Alemania y llega a convertirse en una de las más grandes y prestigiosas empresas productoras del hormigón celular curado en autoclave, expandiéndose luego a otras partes del mundo. No fue sino hasta 1950 que se produjo en Inglaterra el Hormigón aireado para elementos estructurales. Luego la compañía Xella International adquiere en el 2001 las empresas Ytong y Hebel y se convierte en el productor más importante del producto a nivel mundial.

Los países de América Latina comienzan a desarrollar estos trabajos hacia 1980, en donde varias firmas poseen representaciones en Argentina, Chile y Brasil.

#### En República Dominicana

El hormigón celular tiene ya varios años en nuestro país, la primera compañía que lo introdujo en el mercado fue "CCM" (Contratistas Civiles Mecánico), esa compañía no revende el producto sólo lo usa para sus propias obras.

La compañía ISOCEM, E.I.R.L, empezó la producción de hormigón celular de baja densidad, para uso no estructurales, (torta de nivelación entrepiso o para fino de techo) en mayo del 2013.

Por otro lado al preguntar a la empresa Aislantes y Techos (Ing. Héctor Martínez Cabruja) acerca del producto estos al igual que Isocem sólo lo usan en aligeramiento de techo. Su primer proyecto fue el templo de los mormones entre el año 1996 y 1997, dicen que el mercado local es muy tradicional por lo que esto es un muro que no deja expandir el conocimiento del hormigón celular.

Al usarlo en techos la empresa Aislantes y Techos indican que es ideal para sustituir fino. El hormigón celular contribuye a la reducción del costo de estructura metálicas por su menor peso

En el caso de los productos prefabricados, la compañía Arp International es el distribuidor exclusivo en nuestro país, suplidos por Hebel México. Estos productos no son fabricados en nuestro país, siendo la importación la única vía para adquirirlos.

Este hormigón aún no ha sido acogido en nuestro país. Según opinan los que intentan introducirlo, por motivos comerciales y el miedo a lo desconocido, esto a pesar incluso de las acreditaciones y referencia de otros países.

En República Dominicana los bloques de hormigón celular hasta el momento sólo se pueden utilizar para muro divisorios y no hay manera de conseguir las acreditaciones, ya que no existen normativas para regular este producto, el Instituto Dominicano de la Calidad (Indocal) ha recibido solicitudes pero no han procedido. Según información no oficial del Departamento de Evaluación de la conformidad, hay planes efimeros de crear una comisión para el estudio de este tipo de Bloques y la posibilidad de ser utilizados como muros de carga (*Ver anexo A*).

(El reto más grande que enfrentamos todo los días es la ignorancia o la falta de documentación, y falta de estar al corriente con la información técnica y de la innovación que existen en el resto del mundo, esto genera miedo en los Ingenieros y Arquitectos del país, a usar “un producto nuevo” a pesar de que el producto tiene 126 años de historia) Cita: Ing. Giovanni Montalvo, Isocem.

Algunos han intentado establecer fábricas de Hormigón celular pero han decidido vender debido a su poca acogida y las limitaciones antes mencionadas.

En nuestro país algunos Ingenieros italianos a mediados del año 2012 instalaron una fábrica de elementos prefabricados de hormigón celular en la provincia Altagracia, Higuey, llamada **Déniz Block, Ligthweight**, su sede administrativa en el Ens. Isabelita. Hacia Junio de 2013, tras un asalto en el que inutilizaron las maquinarias desistieron de trabajar este tipo de hormigón y sus derivados en nuestro país.



Según una de las fundadoras, durante un año aproximadamente intentaron la regularización del Producto con las instituciones pertinentes (Indocal y MOPC), pero a pesar del interés de unos cuantos en el Ministerio de Obras Publicas todo se quedó en papeleo. Los precursores de Déniz Block alegan que los intereses comerciales y el miedo a lo desconocido influyeron en que el proyecto fracasara.

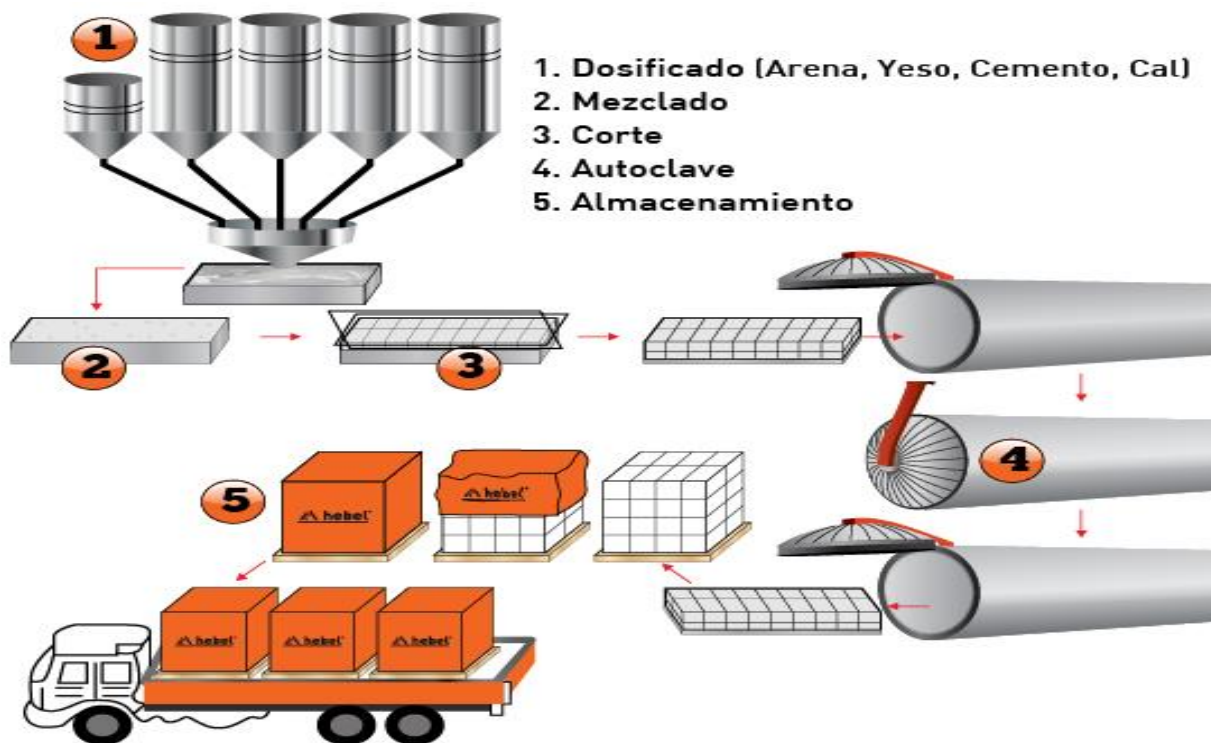
## GENERALIDADES.

El hormigón celular es un material de construcción de color blanco, se obtiene a través de la mezcla de cemento, arena de sílice, cal, agua, incorporando al final del proceso de amasado un agente expansivo, polvo de aluminio, que al reaccionar genera la formación de millones de burbujas de aire al interior de masa.

El Instituto Americano del Hormigón (ACI, por sus siglas en inglés) define el Hormigón ligero celular como "aquel en el cual todo o parte del agregado grueso es sustituido por burbujas de gas o aire".

Existen distintos tipos de Hormigón celular que se diferencian según el método empleado para formar las células. En efecto, a la pasta o a la matriz se le pueden mezclar diversos elementos para provocar una expansión de la masa: espuma estable preparada que se adiciona a la mezcla durante el proceso de mezclado, polvo de aluminio que reacciona con las sustancias alcalinas de los componentes de la mezcla, o agentes generadores de hidrógeno, peróxido o polvo blanqueador. En el continente europeo, los términos "Hormigón gas" y "Hormigón espuma" distinguen la forma de su fabricación.

### Elaboración del Bloque de Hormigón Celular curado en autoclave.



La elaboración del bloque hormigón celular es un proceso ecológico y sin ningún grado de toxicidad. Se elabora a partir del amasado de una mezcla cuidadosamente dosificada de cuatro materias primas: arena, cal, cemento y yeso; estos cuatro elementos se mezclan agregándoles agua y un agente expansivo en base al aluminio, que determina la expansión de la masa por la formación de millones de burbujas de aire uniformemente distribuidos en la mezcla. El polvo de aluminio reacciona provocando el desprendimiento de hidrogeno, que forma las células que confieren al material su estructura porosa y que hacen crecer hasta prácticamente doblar su volumen.

Las proporciones de los componentes y las condiciones del moldeado de ajustan para obtener, al cabo de 4 horas aproximadamente, una masa de dureza suficiente para ser desmoldada y cortada en diferentes formatos en función al tipo de producto que se vaya a fabricar. Después del cortado se procede al curado en la autoclave, La operación del curado, realizada con ayuda de vapor a una temperatura entre 180° y 190°, acelera las reacciones entre la Sílice, la cal y el agua provocando la formación de cristales de silicato de calcio hidratado. Este proceso dura aproximadamente 12 horas aportando al hormigón características termo mecánicas sobresalientes. Las condiciones del curado en autoclave y la composición de las materias primas tienen un papel preponderante en las características finales del material.

Se dimensionan de acuerdo a medidas estándar o a requerimientos del cliente, en una sofisticada máquina de corte. Esta máquina realiza el corte a través de alambres y cuchillas con precisión y exactitud.

### **Máquina de Corte**

En busca de información sobre la maquina destinada al corte de los bloques de hormigón celular curado en autoclave, contactamos con la empresa CNSankon, unas de las pocas empresas que trabajan con el producto y nos facilitaron los detalles de la máquina de corte que fabrican.

### **Principio de funcionamiento**

La grúa de inclinación voltea el molde a 90 grados en el aire, desmolda la piedra y la pone en la mesa de corte, junto con la placa lateral. A continuación, la piedra será cortada por un dispositivo de corte longitudinal, después de correr en la posición de pausa, será cortada horizontalmente por el dispositivo de corte transversal que es impulsado por el motor hasta el centro de la piedra. El sostén del cortador cruzado cae y corta verticalmente de arriba a abajo hasta que se levanta

## Especificaciones técnicas principales

### Máquina de corte

Número de serie	Nombre	Unidad	Índice	Comentarios
1	Capacidad	50,000-400,000 m <sup>3</sup> /año	5-15	Producción anual
2	Tamaño de la piedra	M	4/4.2/4.8//5/6*0.5*0.65	Neto
3	Módulo de corte	M/m	5/10	Horizontal/ Vertical (Ajustable)
4	Precisión del corte	Mm	±3 ±1.5 ±1.5	Longitud, anchura y altura
5	Período de producción	Min/Molde	5	
6	Peso de la maquina	Mt	18	
7	Potencia de corte de la maquina	Kw	12.9	Incluye la estación hidráulica





## **Materias Primas**

### **Arena**

La arena es el elemento primordial que interviene es más del 50% de la composición del hormigón celular curado en autoclave. El contenido de sílice de la arena está entre 90 y 95 %, no obstante se procede a un lavado para eliminar la arcilla y otras materias que puedan influir en las características del producto acabado, dejando finalmente un contenido de arcilla inferior al 1%.

### **Cal, Cemento y Yeso**

El cemento Portland, la cal viva y el Yeso se seleccionan de acuerdo con sus características.

## Agente Espumante

Estos agentes forman burbujas de gas los cuales pueden reaccionar químicamente entre sí o con los componentes que forman el cemento (álcalis, cal, etc.).

Existen un gran número de agentes entre los que se pueden nombrar

- Agua oxigenada.
- Cloruro de sal.
- Ácido clorhídrico.
- Carburo de calcio.
- Polvos de zinc
- Polvos de magnesio.
- Polvos de aluminio.

Todos estos agentes reaccionan con un componente específico que son parte del hormigón celular.

### Datos Técnicos Espumante para hormigón celular a base de resinas y proteínas

<b>Aspecto:</b>	<b>Líquido rojizo</b>
<b>Olor:</b>	<b>Amoniaco fuerte</b>
<b>% Sólidos:</b>	<b>33%</b>
<b>Densidad:</b>	<b>1.10 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Viscosidad (Brookfield):</b>	<b>25 cps</b>
<b>PH:</b>	<b>12-13</b>

### Resultados orientativos en una lechada de la siguiente composición:

<b>Cemento I/35A:</b>	<b>300 g</b>
<b>Agua:</b>	<b>200 g</b>
<b>Espumogen BK:</b>	<b>5 cm<sup>3</sup></b>

Se han determinado las siguientes características después de su agitación durante 60 segundos bajo presión de 2 atmósferas:

**Densidad (7 días): 0.32 g/cm<sup>3</sup>**

**Resistencia mecánicas: 3 días: 4.03 Kg/cm<sup>2</sup>  
14 días: 5.28 Kg/cm<sup>2</sup>  
28 días: 5.77 Kg/cm<sup>2</sup>  
Retracción: no retrae**

Última revisión de la ficha: 13/05/2008

TEXSA, S.A. se reserva el derecho a modificar los datos referidos sin previo aviso y deniega cualquier responsabilidad en el caso de anomalías producidas por el uso indebido del producto. Los valores reflejados en la ficha técnica corresponden a los valores medios de los ensayos realizados en nuestro laboratorio.

En la actualidad el agente más utilizado es el Polvo de aluminio, variando el tipo de árido se obtienen diferentes características en el hormigón celular.

El Polvo de Aluminio es un fabricado de granos de aluminio, o bien de materiales residuales de láminas reciclados, mediante la trituración en húmedo o en seco en molinos de bolas.

Este se emplea como aditivo de hormigones (Hormigón Celular), generando durante la mezcla un desprendimiento de hidrógeno, reacción que produce una gran expansión del hormigón.

Por medio de la variación del proceso de fabricación y de la distribución de los tamaños de partícula y, en caso necesario, a través de un tratamiento posterior de las partículas de aluminio, se adaptará el inicio de la reacción, la velocidad de reacción, la estructura de los poros y la estabilidad de colada a los requerimientos del material de construcción (densidad aparente, resistencia, etc.).

Esta reacción química hace esponjar al hormigón que, luego de endurecido en moldes y curado en autoclave se usa para la fabricación de bloques y placas ligeros de hormigón (para construcción de muros, cubiertas y forjados).

De ensayos que se llevaron a cabo en el laboratorio Dubatment et travaux de Paris, se reproduce la siguiente tabla que muestra la relación que existe entre el contenido de polvos de aluminio, duración de la expansión, aumento de volumen y % de áridos.

<b>Contenido de polvo aluminio en % del cemento</b>	<b>Duración de la expansión en minutos</b>	<b>Aumento del volumen en %</b>	<b>Aridos %</b>
0.10	66	70	30
0.25	60	73	75
0.25	60	62	75
0.25	55	100	75

**Tabla Relación entre aditivo y duración de la expansión.**

**Fuente: Xella**

En la reacción química se debe siempre tomar en cuenta la calidad de los componentes, así como los elementos resultantes. Es por eso, que en el caso del polvo de aluminio el tipo de cemento puede ser importante, ya que la presencia de una mayor o menor cantidad de cal hidratada influye cuantitativamente en la formación de gas

## **Dosificación Hormigón Celular**

Cemento	362 Kg
Arena	90 Kg
Espumante	500 Grs
Cal	40 Kg
Yeso	15 Kg

## **Propiedades de los Bloques de Hormigón celular**

Una de las características principales del hormigón celular es su **trabajabilidad**, es apreciado por ser un producto limpio, fácil de manejar, dúctil y rápido. Se puede cortar fácilmente con serrucho de mano o sierra eléctrica, se puede perforar, ranurar, lijar, etc., característica que lo hace parecerse a la madera, además de simplificar las instalaciones de ductos para conducción eléctrica. Se pueden cortar, perforar, lijar y ranurar con gran facilidad para alcanzar las formas deseadas.

### **Resistencia Mecánica y solidez**

Posee bajo módulo de elasticidad por tanto menor resistencia mecánica a la compresión y a flexotracción que los Hormigones tradicionales utilizados para la creación de bloques huecos normales. También la resistencia a la compresión se ve afectada por la densidad, el contenido de cemento, el tipo y cantidad de agregado, la relación agua/cemento, los aditivos y las condiciones de curado.

Al igual que el hormigón común, la densidad y la resistencia del Hormigón Celular varía de acuerdo a la dosificación de los agregados y en aire contenido.

Pruebas del ACI (ACI 523.1R-92 y ACI 523.3R-93), la resistencia a la compresión del Hormigón aireado sin aditivos ni agregados y secado en horno está detallado en la tabla a continuación.

**Tabla: Resistencia a la compresión (ACI)**

<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión MPa (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>320</b>	<i>0.48 (4.93)</i>
<b>400</b>	<i>0.86 (8.80)</i>
<b>480</b>	<i>1.55 (15.83)</i>
<b>560</b>	<i>2.42 (24.63)</i>
<b>800</b>	<i>5.18 (52.78)</i>

Con relación a mezclas de Hormigón celular arenado con densidades mayores y sin aditivos, también de acuerdo con el ACI, se tienen las resistencias de la tabla siguiente.



**Tabla: Resistencias en compresión y mezclas.**

Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	%Arena	Relación a/c	Densidad cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )
960	0.65	0.50	446	3.5 (35.2)
1120	1.06	0.45	446	4.1 (42.2)
1280	1.42	0.45	446	5.2 (52.8)
1440	1.78	0.45	446	9.0 (91.5)
1600	2.14	0.45	446	12.4 (126.7)
1760	2.44	0.50	446	17.3 (175.9)
1920	2.80	0.50	446	24.3 (247.7)

Existe una variedad de bloques de hormigón celular de la marca Ytong denominada Siporex que puede utilizarse sin inconvenientes en la edificación de muros de carga (*Ver anexo A y E*) en estructuras de varios niveles con plantas de altura no mayor a 3.00 metros.

En España las especificaciones de su uso se encuentran en el documento DAU 03/012E (*Ver anexo G*), (DAU: Documento de adecuación al uso), certificando los bloques de espesor de 20 cm en adelante, no así para estructuras aporricadas y muros subterráneos. Este documento es expedido por ITec: Instituto de tecnología de la construcción en Cataluña.

Los elementos y materiales Ytong que componen el sistema cumplen las normativas armonizadas del Mercado CE\* y como acreditación de ello disponen de los mercados correspondientes:

- *Bloques de hormigón celular Ytong: Mercado CE de acuerdo a BEN 771-4 (Ver Anexo B)*
- *Mortero cola Preocol: Mercado CE de acuerdo a UNE-EN 998-2 (Ver Anexo C)*
- *Dinteles prefabricados: Mercado CE de acuerdo a UNE-EN 845-2 (Ver Anexo D)*

\*La Marca CE proviene del francés y significa "Conformité Européenne" o de Conformidad Europea y es una marca europea para ciertos grupos de servicios o productos industriales. Se apoya en la directiva 93/68/EEC.

Este tipo de bloques en muros portantes tiene la acreditación de la norma DB-SE-F del CTE (*Ver Anexo E*) que normaliza la seguridad estructural considerando el hormigón celular como posible material tradicional para bloques en muros portantes.

### **Liviandad**

Por ser un material sumamente liviano, con densidad entre 600 y 700 kg/m<sup>3</sup>, favorece en la reducción de los costos de transporte, facilita la manipulación del material en las obras, por tanto logramos mayor rapidez en su aplicación.

Es hasta 4 veces más ligero que el Hormigón tradicional, por ello su manejo y transportación es muy eficiente. Su bajo peso y adecuada resistencia hacen un material ideal para obras rápidas, económicas, con un equilibrado comportamiento estructural y con gran simplicidad de procesos constructivos.

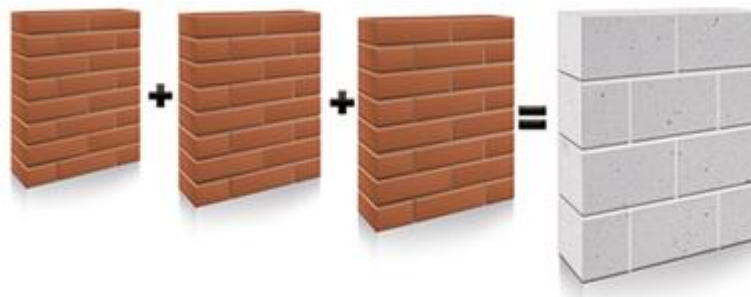
Debido a esta propiedad este material reduce las cargas sobre estructuras y fundaciones lo que unido a su resistencia, se traduce en un buen comportamiento estructural ante la acción sísmica, por esta razón es acogido en países como Chile y México con alto riesgo sísmico.

En Chile se encuentra incluso algunas de las principales distribuidoras de bloques de hormigón, celular (Xella Chile, Celcon). Según el catálogo de La compañía Celcon esta fábrica alrededor de 80,000 m<sup>3</sup> al año.

En México La compañía Hebel fue responsable de muchos proyectos residenciales como la Torre Dos puntas en Guadalajara, Torre Cibeles en Irapuato, Torre Romanza en Acapulco, también se utilizaron sus productos en proyectos industriales como la nave Tempel Stell en Apodaca, así como también en proyectos hoteleros como Hotel Son-Mar, Hotel Quinta Real, Garden Inn y Cheraton en Monterrey.

### **Aislamiento térmico**

Gracias a los millones de pequeños huecos de aire el hormigón celular logra el aislamiento térmico casi perfecto, eliminando la necesidad de aislamiento adicional en los muros de Hormigón o mampostería. En invierno el calor se queda dentro y en el exterior el calor del verano garantizado así una temperatura en equilibrio a lo largo del año.



Sus distribuidores aseguran que de 3 a 8 muros de bloques huecos equivale a un Muro de Block Térmico en eficiencia térmica, basados en la Referencia Materiales térmicos ONNCCE (*Organismo Nacional De Normalización Y Certificación De La Construcción Y Edificación, Mexico*).

## Protección contra el fuego

El Hormigón Celular Curado en autoclave es un material de construcción no flamable, el cual logra cumplir con la norma de Underwriters Laboratories\* de 4 hrs. de resistencia al fuego, siendo la más alta en su tipo. Igualmente cumple con la norma Alemana DIN 4102 parte 4 clase A1 (*Productos de Clase A1 no contribuirán en cualquier etapa del fuego incluyendo el fuego totalmente desarrollado. Por esa razón se supone para ser capaz de satisfacer todos los requisitos de forma automática de todas clases bajas.*) (**Ver Anexo H**)

*\*UL es una de varias empresas autorizadas para llevar a cabo pruebas de seguridad por la agencia federal estadounidense Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration, OSHA).*

La norma Alemana DIN 4102, clasifica los productos de construcción basada en modelos de fuego ("escenarios de referencia"), los resultados se han demostrado de varios siniestros incendios o de las pruebas de fuego a escala real de gran tamaño. Estos últimos se basan en la consideración de un incendio, que se inició en una habitación, que puede crecer y, finalmente, llegar a flashover (fuego totalmente desarrollado). Este escenario incluye tres situaciones de incendio correspondientes a tres etapas en el desarrollo de un fuego

- Primera etapa incluye la iniciación del fuego por la ignición de un producto de construcción, con una pequeña llama, dentro de un área limitada del producto.
- Segunda etapa sugiere el crecimiento del fuego alcanzando eventualmente situación flashover definitivo con liberación de calor desde 1 MW a 2 MW y temperatura niveles de 800 -1200 °C. Esta etapa se simula en general para la construcción de productos por un solo elemento de ardor en la esquina de una habitación, creando un flujo de calor sobre las superficies adyacentes dentro de la habitación. Desarrollo de humo y la densidad del humo han de ser tomados en cuenta.
- En la fase de post-flashover todos los productos de construcción combustibles presentes finalmente están contribuyendo a la carga de fuego (fuego totalmente desarrollado). La clasificación A1 es la más alta asignada por esta norma.



**Clasificación UL:** *Xella Mexicana llevo a cabo pruebas de laboratorio en las instalaciones de Underwriters Laboratories, Inc. (UL) en Chicago, IL en toda su gama de productos de Hormigón Celular Curado en autoclave (AAC). El propósito de las pruebas fue evaluar el período de tiempo que los elementos pueden contener el fuego y al mismo tiempo preservar su integridad estructural. Los productos fueron sometidos a exposición directa al fuego y, en algunos casos, a prueba de lanzamiento de agua (simulando el ejercicio de "apagar" un incendio).*

La especificación de prueba empleada fue la ASTM E119 (ANSI / UL 263) "Pruebas contra Fuego de Materiales de Construcción", la cual mide la transmisión de calor y/o gases a través de los elementos y su capacidad de sostener carga mientras son expuestos a fuego directo. Las pruebas fueron superadas cumpliéndose los requerimientos de resistencia al colapso (estabilidad), a la penetración de fuego (integridad) y a la transmisión de un flujo de calor excesivo. Como resultado de estas pruebas, Underwriters Laboratories, Inc. (UL) emitió una clasificación de resistencia al fuego de hasta 4 horas para los productos de este Sistema Constructivo.

### Aislamiento Acústico

El muro del block AAC proporciona una excelente barrera al ruido. Si la paz y privacidad son de particular importancia el block de Hormigón Celular Curado en autoclave es una excelente solución sin la necesidad de espesores muy gruesos. La distribución homogénea de las millones de burbujas de comparación con otros tipos de mampostería.

<b>Propiedades Acústicas</b> <b>Acoustic Systems</b>		
Descripción	*STC	Reporte No.
Muro de Block Hebel 15.0 cm AAC-2 sin acabados	44	AS- TL958AX
Muro de Block Hebel 20.0 cm AAC-2 sin acabados	47	AS- TL959AX
Muro de Block Hebel 20.0 cm AAC-4 sin acabados	50	AS- TL1026AX
Muro de Block Hebel 25.0 cm AAC-2 sin acabados	50	AS- TL978AX
Doble muro Hebel de 12.5 cm AAC-4 sin acabados (hueco de 14 cm sin relleno)	60	AS- TL962AX
Doble muro Hebel de 12.5 cm AAC-4 sin acabados (hueco de 14 cm con lana mineral de 2.5 lb/cuf)	65	AS- TL962BX
Doble muro Hebel de 12.5 cm AAC-4 sin acabados (hueco de 14 cm con lana mineral de 4.0 lb/cuf)	68	AS- TL962CX
Panel Muro AAC-3 20 cm espesor sin acabados	46	AS- TL957AX
Panel Muro AAC-4 25 cm espesor sin acabados	49	AS- TL977AX
<b>Nota:</b> Pruebas realizadas en Acoustic Systems, Inc., 415 East St. Elmo Rd., Austin, TX de acuerdo con ASTM E90 "Standard Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions."		

**\*STC:** Sound Transmission Class: La cifra clasificación STC refleja muy aproximadamente la reducción de decibelios en el ruido que una partición puede proporcionar. Es una calificación de qué tan bien una partición de un edificio atenúa el ruido aéreo. En los EE.UU., es ampliamente utilizado para evaluar interiores, tabiques, techos, suelos, puertas, ventanas y configuraciones de paredes exteriores (basado en la norma ASTM International Clasificación E413 y E90). Otros países utilizan también el índice (SRI) ISO de reducción acústica o sus índices relacionados. Estos eran definidos hasta el 2012 en la norma ISO - 140 que en ese año se encontraban en revisión.

### **Protección contra la humedad**

El Hormigón Celular funciona como un sistema de aislamiento capilar de difusión abierta. La condensación que se llega a formar es tomada por las delgadas paredes de cada una de las celdas de aire cerradas de aislamiento térmico y de manera natural se van secando por el efecto capilar manteniendo de esta manera los valores de aislamiento. El equilibrio de la humedad de una zona residencial es regulado de forma natural sin necesidad de utilizar una barrera de vapor costosa y propensa a errores.

### **Permeabilidad**

*En Suecia se ha demostrado* que el Hormigón aireado se comporta satisfactoriamente bajo la lluvia si tiene un recubrimiento exterior simple como es la pintura, excepto en condiciones severas en las que otros materiales también fallarían. Para tales condiciones extremas es conveniente colocar un aplanado en los muros exteriores.

### **Sostenibilidad**

La construcción sustentable significa afrontar los retos de diseño considerando por completo la configuración de un proyecto dentro del medio ambiente y la ecología. Esto significa que, en el futuro, los materiales de construcción no sólo sean energéticamente eficientes, sino también libre de contaminantes además durante todo el periodo de vida de la edificación.

El Hormigón Celular Curado en autoclave responde a este principio del pensamiento ecológico desde la extracción de materias primas y la producción, hasta la fase de uso así como la fase de desmantelamiento.

Las materias primas de la AAC, la arena, cal, cemento y agua todas ellas son materias primas naturales. Forman una gran parte de la corteza terrestre y son prácticamente inagotables y su utilización implica un menor impacto ambiental, el equilibrio de la naturaleza no se ve afectado. Aunque prácticamente inagotable, se toma de manera racional para asegurar un uso económico de las materias primas.

El Hormigón Celular Curado en autoclave cuenta con la Declaración de Producto Medioambiental de acuerdo a la norma internacional ISO 14025. Esta certificación confirma que los productos están libres de sustancias nocivas, que no produce emisiones perjudiciales y tienen un excelente equilibrio ecológico. Esta certificación demuestra el reclamo de estrictos criterios de sostenibilidad ambiental aprobado por material de construcción.

### Ahorro de Energía

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica FIDE identifica a los productos que comprueban ofrecer un bajo consumo energético y alto nivel de eficiencia. El hormigón celular del grupo Xella ya cuenta con el Sello FIDE. A pesar de las pruebas de laboratorio que certifican su comportamiento térmico, el Hormigón Celular Curado en autoclave ha sido sometido a pruebas a escala real. Estudios realizados en conjunto con la CFE demostraron que el Hormigón Celular Curado en autoclave ahorra un 35% de consumo de energía que se hubiera gastado en climatización del inmueble.

### Rapidez de Construcción

Por su diseño y funcionalidad, estos productos requieren menor mano de obra. No se requieren tiempos de fraguado ni espera para iniciar la colocación de acabados.

### Obras limpias y aprovechamiento de materiales

Al ser elementos sólidos es posible reutilizar los desperdicios y disminuye en gran forma la pérdida de material.

### Durabilidad

Los productos no se degradan por el paso del tiempo. Su estructura es más durable que el Hormigón tradicional.

### Precisión

La exactitud dimensional de las piezas fabricadas a partir del Hormigón Celular Curado en autoclave (AAC) le permite obtener un contacto perfecto entre las piezas, logrando de esta manera muros completamente lisos. Por ellos, se obtiene un ahorro sustancial en acabados, además de obtenerse un óptimo comportamiento estructural.

### Propiedades Químicas (PH)

El Hormigón Celular es alcalino, con un pH entre 9.0 y 10.5, por lo que no corroe como los demás materiales de construcción.

### Productos Prefabricados de Hormigón Celular

Este material se ha desarrollado con el tiempo y hoy en día ofrece una gran variedad de elementos prefabricados como soluciones para la construcción. Bloques en prácticas presentaciones (O; U; etc.), dinteles, paneles y placas termoaislantes e incluso aligerantes para losa, que nos permiten elaborar muros de carga (**Ver Anexo F**), de fachada y divisorios, losas de entrepiso y azotea, recubrimientos aislantes, entre otros.



**Longitud:** 61.0 cm  
**Peralte:** 20.0 cm

**Clase AAC-4:**  
Resistencia a la compresión = 40.8 kg/cm<sup>2</sup>  
Peso de Diseño = 600 kg/m<sup>3</sup>

**Clase AAC-6:**  
Resistencia a la compresión = 61.2 kg/cm<sup>2</sup>  
Peso de Diseño = 720 kg/m<sup>3</sup>

- *Los bloques sólidos son piezas utilizadas para construir muros de mampostería tanto de carga como panderetas.*

Información							
Espesor	Peso de Diseño		Peso por Pieza <sup>1</sup>		Pallet (Tarima)		
	AAC-4	AAC-6	AAC-4	AAC-6	Pzas.	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
cm	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/pza	Kg/pza			
10.0	60	72	7.32	8.78	180	21.960	2.196
12.5	75	90	9.15	10.98	144	17.568	2.196
15.0	90	108	10.98	13.18	120	14.640	2.196
17.5	105	126	12.81	15.37	96	11.712	2.050
20.0	120	144	14.64	17.57	84	10.248	2.050
25.0	150	180	18.30	21.96	72	8.784	2.196
30.0	180	216	21.96	26.35	60	7.320	2.196

<sup>1</sup>Basado en Peso de Diseño



**Longitud:** 61.0 cm  
**Peralte:** 20.0 cm

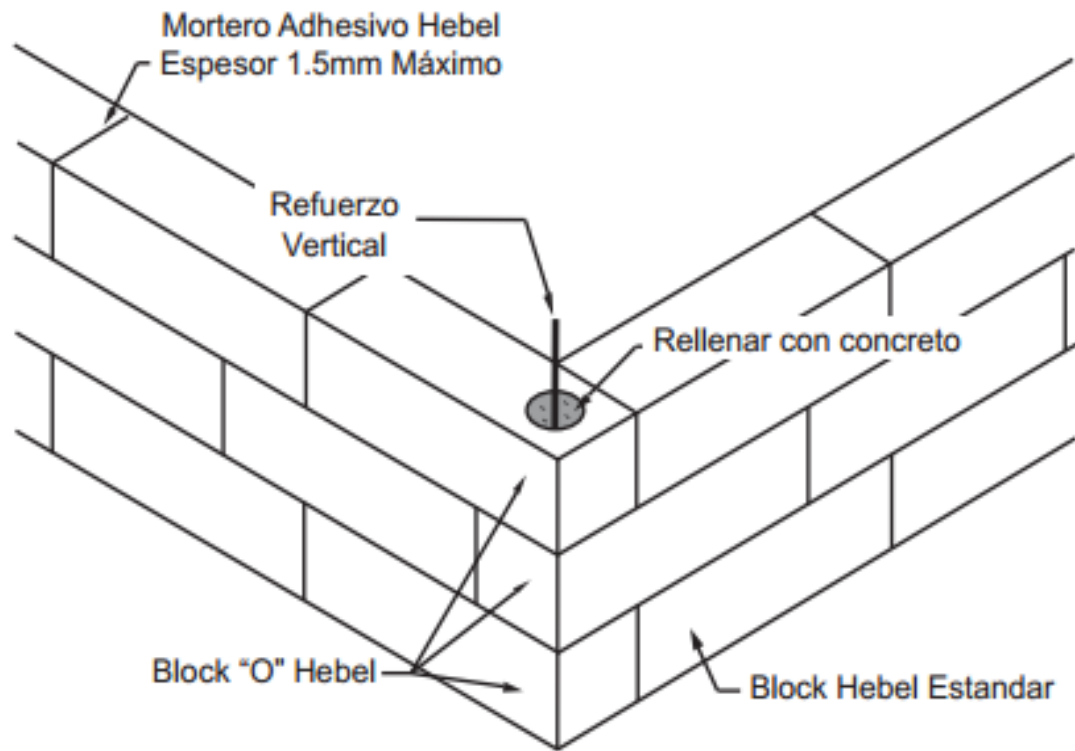
**Clase AAC-4:**  
 Resistencia a la compresión = 40.8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 600 kg/m<sup>3</sup>

**Clase AAC-6:**  
 Resistencia a la compresión = 61.2 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 720 kg/m<sup>3</sup>

- El bloque O es una pieza sólida con un orificio en uno de sus extremos para la construcción en mampostería armada.

Información							
Espesor	Orificio		Peso por Pieza <sup>1</sup>		Pallet (Tarima)		
	Diám(Ø)	Vol	AAC-4	AAC-6	Pzas.	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
cm	cm	m <sup>3</sup> /ml	Kg/pza	Kg/pza			
12.5	7	0.0038	9.15	10.98	144	17.568	2.196
15.0	9	0.0064	10.98	13.18	120	14.640	2.196
17.5	9	0.0064	12.81	15.37	96	11.712	2.050
20.0	11	0.0095	14.64	17.57	84	10.248	2.050
25.0	11	0.0095	18.30	21.96	72	8.784	2.196
30.0	11	0.0095	21.96	26.35	60	7.320	2.196

<sup>1</sup>Basado en Peso de Diseño [No se deduce orificio]



*\*Los bloques sólidos, forma O y forma U requieren solamente 8.2 piezas por metro cuadrado.*

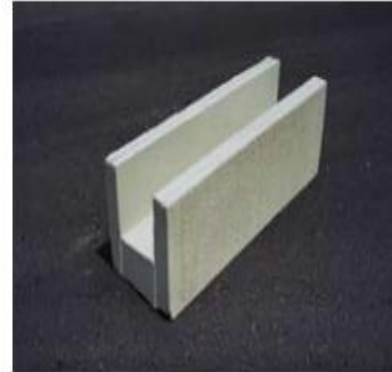
- *El bloque U es una pieza de las mismas dimensiones que el Block Estándar, pero con un espacio al centro y en toda su longitud, que le permite recibir el vaciado de hormigón armado, para funcionar como cerramiento en muros o vigas cortas puertas o ventanas tanto en muros de carga como panderetas.*



## Información

Espesor	Canal					Peso por Pieza <sup>1</sup>		Pallet (Tarima)		
	a	b	c	d	Vol.	AAC-4	AAC-6	Pzas.	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
cm	cm	cm	cm	cm	m <sup>3</sup> /ml	Kg/pza	Kg/pza			
12.5	2.5	7.5	2.5	7.5	0.0094	5.72	6.86	54	32.940	0.824
15.0	2.5	10.0	2.5	7.5	0.0125	6.41	7.69	48	29.280	0.878
17.5	2.5	12.5	2.5	7.5	0.0156	7.09	8.51	60	36.600	1.281
20.0	5.0	10.0	5.0	7.5	0.0125	10.07	12.08	36	21.960	0.878
20.0*	2.5	15.0	2.5	7.5	0.0188	7.78	9.33	36	21.960	0.878
25.0	5.0	15.0	5.0	7.5	0.0188	11.44	13.73	28	17.080	0.854
30.0	5.0	20.0	5.0	7.5	0.0250	12.81	15.37	24	14.640	0.878

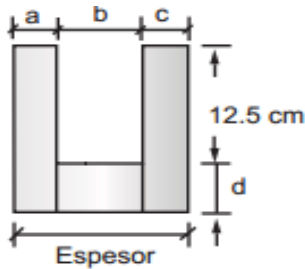
<sup>1</sup>Basado en Peso de Diseño (No incluye volúmen de concreto)  
 (\*)Para proyectos especiales refuerzo principal con block U (Tipo tiendas Smart)



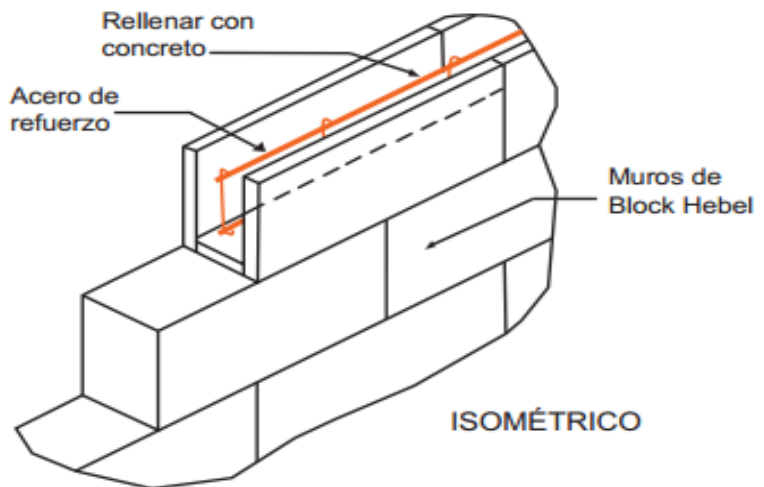
**Longitud:** 61.0 cm  
**Peralte:** 20.0 cm

**Clase AAC-4:**  
 Resistencia a la compresión = 40.8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 600 kg/m<sup>3</sup>

**Clase AAC-6:**  
 Resistencia a la compresión = 61.2 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 720 kg/m<sup>3</sup>



SECCION BLOCK "U" HEBEL



ISOMÉTRICO

- Los bloques Practimuro son piezas sólidas con el doble de peralte del bloque estándar, utilizado para construir muros interiores (block Semi-Jumbo).

Información							
Espesor	Peso de Diseño		Peso por Pieza <sup>1</sup>		Pallet (Tarima)		
	AAC-4	AAC-6	AAC-4	AAC-6	Pzas.	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
cm	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/pza	Kg/pza			
10.0	60	72	14.64	17.57	90	21.960	2.196
12.5	75	90	18.30	21.96	72	17.568	2.196
15.0	90	108	21.96	26.35	60	14.640	2.196
17.5	105	126	25.62	30.74	48	11.712	2.050
20.0	120	144	29.28	35.14	42	10.248	2.050
25.0	150	180	36.60	43.92	36	8.784	2.196
30.0	180	216	43.92	52.70	30	7.320	2.196

<sup>1</sup>Basado en Peso de Diseño



**Longitud:** 61.0 cm  
**Peralte:** 40.0 cm

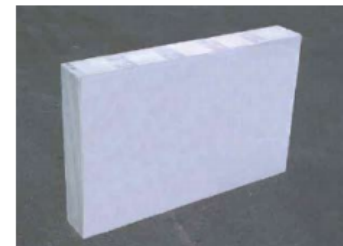
**Clase AAC-4:**  
 Resistencia a la compresión = 40.8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 600 kg/m<sup>3</sup>  
**Clase AAC-6:**  
 Resistencia a la compresión = 61.2 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 720 kg/m<sup>3</sup>

\*Requiere solo 4.1 piezas de block por metro cuadrado.

- Los bloques Jumbo son piezas sólidas sin refuerzo interior comúnmente utilizado para ajustes en puertas, ventanas o remates en el Sistema de Panel de Muro o como muros de mampostería.

Información							
Espesor	Peso de Diseño		Peso por Pieza <sup>1</sup>		Pallet (Tarima)		
	AAC-4	AAC-6	AAC-4	AAC-6	Pzas.	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
cm	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/pza	Kg/pza			
12.5	75	90	45.75	54.90	24	14.640	1.830
15.0	90	108	54.90	65.88	20	12.200	1.830
17.5	105	126	64.05	76.86	16	9.760	1.708
20.0	120	144	73.20	87.84	14	8.540	1.708
25.0	150	180	91.50	109.80	22	7.320	1.830
30.0	180	216	109.80	131.76	10	6.100	1.830

<sup>1</sup>Basado en Peso de Diseño



**Longitud:** 100.0 cm  
**Peralte:** 61.0 cm

**Clase AAC-4:**  
 Resistencia a la compresión = 40.8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 600 kg/m<sup>3</sup>  
**Clase AAC-6:**  
 Resistencia a la compresión = 61.2 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso de Diseño = 720 kg/m<sup>3</sup>

- Aligerante para losa es una pieza sólida -sin huecos- que se utiliza en losas reticulares.



\*Requiere solo 6 piezas por m<sup>2</sup>

## Algunas investigaciones realizadas acerca del comportamiento general de Hormigón celular

Algunas pruebas se realizaron a elementos prefabricados de Hormigón celular curado en autoclave (CAA), de las cuales mostraremos un resumen de los estudios realizados.

Las investigaciones se llevaron a cabo en:

- **Hebel Alemania** empresa Alemana que se dedica a la producción de CAA.
- **Universidad de Alabama en Birmingham (Estados Unidos de América).**
- **Laboratorios de Tecnología de la Construcción (CTL) (Estados Unidos de América).**
- **Universidad de Texas en Arlington (Estados Unidos de América).**  
*La conclusión más importante de este conjunto de pruebas realizada por esta Universidad es que la resistencia de los elementos de CAA a flexión y a tensión diagonal es generalmente controlada por el material en sí y no por la resistencia del mortero de unión, a diferencia de la mampostería convencional en donde las capacidades en flexión y tensión diagonal son controladas por las juntas de mortero entre los elementos.*
- **Universidad de Texas en Austin (Estados Unidos de América).**

Los resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas por las diferentes partes antes mencionadas muestran lo referente a la resistencia en compresión, comportamiento esfuerzo-deformación y resistencia en tensión de CAA.

### Sobre Resistencia en compresión

Las pruebas en compresión se realizaron de acuerdo con los requisitos que señala la norma ASTM C1386 para cubos de Hormigón de 102 mm de arista probados en condiciones secas. En la tabla 1.3 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla: Resistencia en compresión**

Fuente de información	Fabricante y código	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad medida al momento de la prueba (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad calculada con C.H. = 10% (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión medida MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>UAB</b>	Hebel-HG1	384.4	414.9	422.9	1.9 (19.7)
	Hebel-HG2	480.6	519.0	528.6	3.9 (39.4)
	Hebel-HG3	608.7	656.8	669.6	6.3 (64.0)
	Ytong-YG1	432.5	469.3	475.8	2.3 (23.2)
	Ytong-YG2	560.7	608.7	616.7	4.3 (44.3)
	Ytong-YG-3	656.8	712.8	722.4	2.8 (28.1)
	Contec-CG1	464.5	511.0	511.0	2.2 (22.5)
	Contec-CG2	512.6	563.9	563.9	3.1 (31.6)
	Contec-CG3	576.7	634.3	634.3	4.8 (28.5)
<b>UT</b>	Contec-1	639.1	ND	ND	5.4 (54.9)
	Contec-2	575.1	602.3	532.7	7.2 (73.1)
	Babb-1	644.0	706.4	708.0	7.9 (80.)
	Hebel-2	632.7	640.7	696.8	9.2 (93.5)
	Ytong-2	549.4	626.3	603.9	4.5 (45.7)
	Babb-2	536.6	570.3	591.1	3.4 (34.9)

\*Los límites de contenido de humedad (C.H.) permitidos por la norma son de 5% a 15%, por tal motivo se tomó un valor medio de 10%.

## Comparación Bloques de Hormigón Convencional y Hormigón Celular

<b>Hormigón ordinario</b>	<i>También se suele referir a él denominándolo simplemente hormigón. Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena.</i>
<b>Hormigón aireado o celular</b>	<i>Se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un hormigón baja densidad.</i>

El hormigón o Hormigón es un *material compuesto* empleado en construcción, formado esencialmente por un *aglomerante* al que se añade partículas o fragmentos de un *agregado, agua y aditivos específicos*.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones *cemento* (generalmente *cemento Portland*) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una *reacción de hidratación*. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los *áridos* (que se clasifican en *grava, gravilla y arena*).

Un bloque de hormigón o tabique de Hormigón es un mampuesto prefabricado, elaborado con Hormigones finos utilizado en la construcción de muros y paredes. Los bloques tienen forma prismática, con dimensiones normalizadas, y suelen ser esencialmente huecos. En el caso de los bloques de hormigón celular existe una presentación totalmente sólida y luego sus presentaciones Bloque O, U para adecuarlos según sea la necesidad.

<b>Presentaciones Bloques (Medida en Cm)</b>		
	<b>Sección</b>	<b>Espesor</b>
<b>Hormigón Convencional</b>	<b>20x20</b>	10
		12
		15
		20
		20
<b>Hormigón Celular</b>	<b>20x61</b>	12.5
		15
		17.5
		20
		25
		30
		<b>61x100</b>
	15	
	17.5	
	20	
	25	
	30	

La fabricación de bloques de hormigón celular de mayor dimensión es posible debido a su baja densidad, de manera que los bloques de colocación manual siguen siendo manejables por la mano de obra humana, permitiendo mayor rapidez en su colocación y reducción en la cantidad de materiales de adhesión, ya que solo se necesita 8 Uds. para cubrir un metro cuadrado en vez de 13 Uds. como con los bloques hormigón común.

<b>Características Físicas Bloques</b>			
<b>Hormigón Convencional</b>		<b>Hormigón Celular</b>	
<b>Densidad</b>	2350 kg/m <sup>3</sup>	<b>Densidad</b>	600-720 kg/m <sup>3</sup>
<b>Resistencia a Compresión</b>	150 a 500 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a Compresión</b>	40.8-61.2 kg/cm <sup>2</sup>

Hablando de materiales adhesivos, vale la pena mencionar que los bloques de Hormigón corriente utilizan una mezcla de mortero 1:3 y los bloques de Hormigón Celular según la sugerencia de sus fabricantes requiere el mortero adhesivo de las mismas fábricas. Este es el mismo caso para los materiales de acabado de los muros, BCC utiliza mortero 1:3, y para BHCA las fábricas sugieren un Estuco gris de la misma línea, estos productos vienen preparados de tal manera que solo requieren agregar agua para su elaboración, los morteros para Bloques corrientes también se pueden encontrar semi-preparados o se preparan In situ.

Los muros de Hormigón celular pueden ser empañetados con el mortero corriente, solo que los productos sugeridos por las fábricas incrementan y acentúan las propiedades que caracterizan el muro de Bloques de hormigón celular descritas anteriormente.

<b>Costo Mortero 1:3 Común por M3</b>				
<b>Material</b>	<b>Dosif.</b>	<b>Ud.</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Arena</b>	1.09	M3	700	763.00
<b>Cemento</b>	10.7	Fds.	240	2,568.00
<b>Total</b>			<b>RD</b>	<b>3,331.00</b>

Para colocar 1 M2 de Bloques corrientes de 15 cm de espesor se necesita 0.031 M3 de Mortero 1:3 de manera que al analizar la tabla arriba mostrada obtenemos que es costo en adhesivos es RD\$103.26 Pesos Dominicanos.

En el caso de los Bloques de hormigón Celular de igual espesor según la Calculadora de Materiales Hebel para 1 M2 se necesitan 3.3 Kg. de mortero adhesivo, que según la cotización, (*Ver Anexo I*), de la compañía Arp International, importadora y distribuidores exclusivos en nuestro país de los productos Hebel, la fda de 22 Kg tiene costo de US\$15.00, por lo que el Kg sale a US\$2.25 equivalente a aproximadamente RD\$101.02 a una tasa de RD\$44.90 (17/02/2015).

Para el caso del Hormigón para los huecos ambos tipos de bloques utilizan hormigón 1:3:5, el costo unitario a continuación.

<b>Costo Hormigón 1:3:5 Común por M3</b>				
<b>Material</b>	<b>Dosif.</b>	<b>Ud.</b>	<b>Precio RD</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Grava</b>	0.92	M3	\$950.00	\$874.00
<b>Arena</b>	0.555	M3	\$700.00	\$388.50
<b>Cemento</b>	5.4	Fds.	\$240.00	\$1,296.00
<b>Total</b>			<b>RD</b>	<b>\$2,558.50</b>

Para un metro cuadrado de bloques de hormigón corriente colocamos refuerzo vertical con acero de 3/8 a 0.80 m. Según los análisis unitarios elaborados por la empresa NCS se requieren 0.0296 qq de acero.

Hebel sugiere que para mampostería con bloques de Hormigón Celular el refuerzo se coloque a 1.25 m según Ayuda de diseño en la página *Hebel.mx*.

Digamos que necesitamos reforzar 27 m<sup>2</sup> de mampostería de bloques de hormigón celular, específicamente (10x2.7) m,

Cantidad de bastones:  $\frac{10 \text{ m}}{1.25 \text{ m}} \frac{\text{Metros lineales de Muro}}{\text{Espaciamiento entre bastones}} = 8 \text{ bastones}$

Longitud de acero: 8 x 2.7m (Atura del muro)= 21.6 m de acero

Un quintal de acero de 3/8 tiene 13 varillas de 6.10 m

Por lo que necesitaremos  $\frac{21.6 \text{ m}}{6.10 \text{ m}} = 3.54 \text{ varillas} / 13 \text{ varillas por quintal} = 0.27 \text{ qq}$  para 27 m<sup>2</sup> de mampostería de bloques de hormigón celular.

De manera que para un metro cuadrado se necesitan 0.01 qq.

Ahora conociendo ya estos detalles podemos comparar los costos unitarios de mampostería en ambos casos, sin considerar la mano de obra.

<b>Costo Unitario Bloques Hormigón corriente De 0.15 Mts. con 3/8" @ 0.80 mts. (SNP) 1<sup>er</sup> Nivel</b>				
<b>Bloques de 6" o 0.15 m</b>	13.00	Uds.	26.00	338.00
<b>Acero de 3/8"</b>	0.0296	Qq	2,175.00	64.38
<b>Alambre dulce # 18</b>	0.059	Lbs.	50.00	2.96
<b>Mortero Portland para juntas 1:3</b>	0.031	M3	3,331.00	103.26
<b>Hormigón Simple para Huecos =110 Kg/cm<sup>2</sup></b>	0.010	M3	2,558.50	25.59
<b>Sub-Total General/M2</b>			<b>RD\$</b>	<b>534.19</b>

### Costo Unitario Bloques Hormigón Celular De 0.15 Mts. con 3/8" @ 1.25 mts. (SNP) 1<sup>er</sup> Nivel

<b>Bloques de 6" o 0.15 m</b>	8.20	Uds.	148.17	1214.99
<b>Acero de 3/8"</b>	0.0100	qq	2,175.00	21.75
<b>Alambre dulce # 18</b>	0.020	Lbs.	50.00	1.00
<b>Mortero Adhesivo Hebel</b>	0.150	Fds	673.50	101.03
<b>Hormigón Simple para Huecos f'c=110 Kg/cm2</b>	0.010	M3	2,558.50	25.59
<b>Laminilla conectora Hebel</b>	0.080	Paq/25	475.94	38.08
<b>Sub-Total General/M2</b>				<b>RD\$ 1,402.43</b>

Nota: Este análisis es basado en productos importados, no incluye gastos de traslado.

A pesar de que los bloques de hormigón celular no se fabrican en nuestro país, esta sería una opción que de ser posible reduciría los costos.

<b>Costo m3 Hormigón celular para fabricación de Bloques</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unit.</b>	<b>Precio M3</b>
<b>Cemento</b>	<i>Fds</i>	8.50	RD\$ 230.00	RD\$ 1,955.00
<b>Arena</b>	<i>Qq</i>	3.70	RD\$ 60.00	RD\$ 222.00
<b>Espuma</b>	<i>Grs</i>	500.00	RD\$ 0.70	RD\$ 350.00
<b>Costo / 30 M3.</b>				
<b>Mano de obra</b>	<i>Obreros</i>	4.00	RD\$ 800.00	RD\$ 106.67
<b>Total por M3</b>				<b>RD\$ 2,633.67</b>

**Fuente: Ing. Montano, Isocem, Eirl.**

Usando el bloque sólido del análisis anterior de dimensiones (0.15x0.20x0.625) m, para su fabricación se necesitan 0.001875 m3 de hormigón celular, el costo en materiales para un bloque de Hormigón Celular oscila entre 49 y 50 pesos dominicanos.

A esto habría que agregar el costo unitario por maquinaria y operario, de manera que visiblemente podemos notar que la fabricación del producto en nuestro país reduciría considerablemente el costo del bloque en cualquiera de sus dimensiones. Además se eliminarían los costos de traslado e importación en los materiales complementarios.

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **Hipótesis:**

El sistema constructivo de hormigón celular sería una opción competitiva frente al sistema de Hormigón convencional, si se fabricara y regularizara en nuestro país, basándose en análisis costo y calidad.

### **Nivel de Investigación.**

Debido al poco conocimiento y estudios en nuestro país sobre el sistema de construcción de hormigón celular curado en autoclave, basamos nuestras conclusiones en una investigación mayormente explorativa y en parte descriptiva. Este sistema no tiene siquiera una reglamentación o estudio por las partes pertinentes, por lo que su efectividad solo puede ser medida por los resultados, opiniones y experiencias ajenas.

Acudiendo a los estudios realizados en otros países, y documentos publicados sobre el tema buscamos establecer una conclusión aproximada sobre la competitividad de este sistema en nuestro país, además utilizaremos las experiencias de empresas que han intentado establecer el sistema y las empresas que los han introducido en parte.

### **Diseño de Investigación.**

Nuestra investigación será documental y dentro de lo posible de campo. La principal fuente de información son las publicaciones alrededor del mundo sobre el sistema en cuestión, en países donde ha tenido acogida y está debidamente regularizado su uso.

Lo hemos enriquecido acercándonos a varias empresas relacionadas con el sistema, algunas que solo utilizan parte de sus aplicación, dígame uso complementario, donde no se aprecian todas sus virtudes. Por otro lado conocimos las experiencias de empresas que han optado por importar toda la gama de productos que ofrece este sistema, dando la posibilidad de aprovechar un poco más las virtudes pero aun no del todo y acarreando así un costo mayor.

Por último obtuvimos experiencias de empresas que han incursionaron por poco tiempo en la fabricación del producto y agotaron todos los esfuerzos para regularizar todo el sistema y fracasaron.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

La obtención de los datos fue en su gran mayoría por análisis documental y de contenido así como también en parte por encuesta (entrevista).

Como instrumentos principales están el Internet, ordenadores, traductor.



**Variables.**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA</b>
<b>Resistencia a compresión</b>	Presión máxima que soporta un elemento sometido a compresión antes de la rotura	Cantidad	Numérica
<b>Dimensiones y Trabajabilidad</b>	Tamaño y Peso de la pieza, facilidad de manejo e instalación.	Cantidad	Numérica
<b>Densidad</b>	Peso volumétrico obtenido mediante compactación	Cantidad	Numérica
<b>Materiales alternos del sistema</b>	Materiales aledaños para concretar el sistema, especialmente de mampostería	Cantidad y Costo	Tipo y Moneda
<b>Costo de fabricación.</b>	Análisis económico y de costo unitario para el sistema completo, especialmente mampostería	Cantidad	Moneda

## CONCLUSIONES.

De los datos obtenidos e investigaciones realizadas podemos concluir que el sistema de construcción basado en hormigón celular curado en autoclave representa una alternativa potencial para la República Dominicana, siempre y cuando se establezcan las regularizaciones necesarias para que el producto pueda ser usado en la construcción de muros portantes de carga, en otra forma (uso único para muros divisorios como hasta el momento) no sería factible.

Para que se cumpla lo antes mencionado es importante mencionar que los beneficios del nuevo sistema compensarían los costos, solo si se produce el hormigón y las piezas prefabricadas, en nuestro país, ya que la importación de los productos prefabricados genera costos exagerados al sistema.

La investigación no pudo ser más amplia, debido a que este sistema aún no se utiliza por completo en nuestro país y por lo tanto es imposible determinar el costo exacto de fabricación e instalación. No tenemos referencias de mano de obra y otros datos que podrían suponer un ahorro en la utilización total del sistema.

Tomando en cuenta que el sistema actualmente de mayor uso en nuestro país es el de hormigón convencional y observando las comparaciones realizadas a lo largo de esta investigación, es indudable que la implementación de este nuevo sistema induciría en primera instancia y a simple vista, un mayor costo para las piezas de mampostería pero existen otras variables a tomar en cuenta.

La alta densidad que caracteriza el Hormigón convencional influye considerablemente en el peso muerto de las obras de construcción, es justamente este el factor que determina las dimensiones de los elementos estructurales que componen cualquier sistema. Es así como el hormigón convencional requiere de vigas de gran peralte, columnas robustas y cimentaciones amplias o complejas para su factibilidad. Todo esto debido al excesivo peso muerto de las losas de concreto convencional, lo cual se traduce en un elevado costo de la obra.

Como se expresa anteriormente es difícil llegar a una conclusión exacta; pero podemos aproximar que las características peculiares del sistema de construcción basado en hormigón celular (baja densidad sin perder considerable resistencia y dimensiones de los elementos) podrían significar un ahorro en tiempo de traslado, instalación y mano de obra, recordando entonces que el tiempo es dinero, podemos intuir que estas mismas características proporcionarían un ahorro que reduce el impacto del costo unitario de la pieza utilizada.

El diseño de construcción en el reforzamiento de acero depende mayormente del peso propio de la estructura, de manera que este sistema debido a su peso ligero induciría a un ahorro en una de las partidas más costosas de la construcción: el acero.

Esta misma característica presenta una ventaja a la hora de construir estructuras resistentes ante eventos sísmicos. Cuanto más liviana sea la edificación menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurre un terremoto. Grandes masas o pesos se mueven con mayor severidad al ser sacudidas por un sismo y, por lo tanto, la exigencia de la fuerza actuante será mayor sobre los componentes de la edificación. De manera que los bloques de hormigón celular favorecen considerablemente al diseño sismo resistente.

La madera como sistema de construcción es el más ligero, pero posee baja resistencia a cortante haciéndolo vulnerable a fuerza de viento y sísmicas; en el caso del acero este tiene la mayor resistencia a compresión y a cortante pero su alto peso hace más costosa su aplicación e instalación al requerir mano de obra especializada y vehículos especiales para su traslado. Mientras que la mampostería de hormigón celular ofrece la combinación perfecta de estas características requeridas en la construcción.

Los reglamentos locales son una desventaja, no siquiera por la desaprobación sino más bien por ni siquiera considerarlo, esto a pesar de que los reglamentos modelos internacionales no solo lo consideran sino que aprueban su buen uso y aplicación.

De manera que sigue la poca tendencia a nuevos materiales y el miedo a lo desconocido, el peor de obstáculos para la aceptación de este sistema que ya ha sido tan estudiado y está debidamente regulado en normas reconocidas mundialmente.

## **RERERENCIAS BIBLIOGRAFIA.**

*MTRO. ALEJANDRO CERVANTES ABARCA, Memorias 2008 Congreso Nacional De Administración Y Tecnología Para La Arquitectura, Ingeniería Y Diseño. (2008).*

*JAVIER LUZARDO Y RAFAEL ARRAGA, Tesis de Grado: Análisis de Concreto Celular y sus aplicaciones en la fabricación de paneles livianos. Maracaibo, Agosto, 2004.*

*JUAN JOSÉ RAMÍREZ ZAMORA, Tesis para Maestría Ing. Civil: Comportamiento De Muros De Concreto Celular Con Diferentes Cuantías De Acero De Refuerzo. México, 2007.*

*ALEJANDRA ELIZABETH MARTÍNEZ DUGUET, Tesis de Grado: Análisis comparativo de costos entre albañilería de bloques Macizos de hormigón celular y de bloques huecos de Hormigón de cemento, utilizado como material alternativo en la construcción de muros y antepechos en obra ampliación Mall plaza de los ríos, Valdivia. Chile, 2009.*

[www.hebel.mx](http://www.hebel.mx)

[www.xella.com/index\\_en.php](http://www.xella.com/index_en.php)

[www.ytong.es/](http://www.ytong.es/)

### **Referencias Empresariales**

Hebel Mexico

Ytong

Arp International

Isocem

Ministerio de Obras Públicas y Telecomunicaciones (MOPC)

Indocal

## **ANEXOS.**

**Anexo A.** Ficha Técnica Bloques de Hormigón Celular para muros de Carga.







**Anexo B. UNE EN 771-4, Especificaciones de Piezas para  
fábrica de Albañilería, Bloques de Hormigón Celular  
curado en Autoclave.**



**Anexo C. UNE EN 998-2, Especificaciones de Piezas para  
fábrica de Albañilería, Morteros para Albañilería.**



**Anexo D. UNE EN 845-2, Especificaciones de Piezas para  
fábrica de Albañilería, Dinteles.**



**Anexo E. DB-SE-F del CTE, norma seguridad estructural para Hormigón Celular.**













**Anexo F.** Presentación Bloque de Hormigón Celular para Muros de Carga. Hebel, Xella Chile.





**Anexo G. DAU 03/012E, Documento de adecuación al uso,  
Bloques de Hormigón Celular para muros de Carga.**















**Anexo H. DIN 4102 parte 4 clase A1, Documento de adecuación al uso, Bloques de Hormigón Celular para muros de Carga.**

















**Anexo I. Cotización Materiales Prefabricados de Hormigón Celular Importados.**





---

**Jensil Regalado**

---

**Danny de la Cruz**

---

**Asesor**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**