

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**GESTIÓN DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN PARA UNA  
EDIFICACIÓN DE UN CENTRO EDUCATIVO DE DOS PISOS EN LA  
MOLINA MEDIANTE EL MÉTODO CBA**

**Trabajo de investigación para la obtención de grado académico de  
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORES**

Salazar Sedano, Pedro Marcelo  
Arica Castro, Giosser Gianinni  
Mariscal Gonzales, Arcel Julio  
Chipana Salazar, Jeanpeare Washington  
Perez Eulogio, Juan Carlos

**ASESOR:**

Hoyos Vertiz, Carlos Raul

Lima, agosto, 2020

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se determinó las mejores alternativas para diferentes sistemas constructivos para losas, muros divisorios y sistemas de bombeo de agua fría de un pabellón de dos pisos ubicado en La Molina. Para esto, primero se estudió el mercado y las diversas opciones posibles para estos procesos y sistemas. Se obtuvo gracias a este proceso una serie de cotizaciones para las diferentes alternativas escogidas. El método usado para la elección de la mejor alternativa es el Choosing By Advantages (CBA) o también conocido como sistema de toma de decisiones mediante la elección de ventajas. Este método permitió comparar las opciones del mercado encontradas respecto a varios criterios y las ventajas que estas ofrecían. Algunos de los factores, tomados en cuenta para este análisis, están relacionados con la eficiencia, facilidad de construcción, el costo de los productos y el tiempo de instalación; los cuales son determinantes importantes durante la elección de una alternativa.



## INDICE

RESUMEN .....	i
INDICE.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABLAS .....	iv
1. Generalidades .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Alcance.....	2
1.4. Objetivos .....	2
1.5. Metodología .....	3
2. Revisión de Literatura .....	5
2.1. Antecedentes CBA .....	5
2.2. Alternativas de diseño para losas .....	5
2.3. Alternativas de diseño para muros divisorios .....	7
2.4. Alternativas el sistema de bombeo de agua fría.....	11
3. Desarrollo de la investigación .....	14
3.1. Caso de estudio de losas aligeradas.....	14
3.2. Caso de estudio de muros divisorios .....	18
3.3. Caso de estudio de bombas de abastecimiento de agua .....	24
4. Conclusiones y recomendaciones .....	26
4.1. Caso de estudio de losas aligeradas.....	26
4.2. Caso de estudio de muros divisorios .....	27
4.3. Caso de estudio de bombas de abastecimiento de agua .....	27
5. Referencias .....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas del CBA (Adaptado de “Arroyo, Tommelein, Ballard, & Rumsey”, 2016)...	4
Figura 2: Vigueta convencional (Fuente: Aceros Arequipa) .....	6
Figura 3: Vigueta de alma llena (SENCICO, 2006) .....	6
Figura 4: Vigueta de alma abierta Alitec (SENCICO) .....	7
Figura 5: Muro de albañilería armada.....	9
Figura 6: Muro con ladrillo Econoblock vs Muro con ladrillo pandereta. ....	10
Figura 7: Sistema de muros Drywall. ....	11



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Escala de importancia de CBA para losas. ....	14
Tabla 2: ACU: Viguetas convencionales. ....	15
Tabla 3: ACU: Vigüeta prefabricada de alma llena. ....	16
Tabla 4: Presupuesto de alternativa 1. ....	17
Tabla 5: Presupuesto de Alternativa 2. ....	18
Tabla 6: Resultados del método CBA para losas aligeradas. ....	18
Tabla 7: Escala de importancia de CBA para muros divisorios ....	19
Tabla 8: ACU: Muro de ladrillo sílico calcáreo. ....	19
Tabla 9: ACU: Muro de ladrillo king kong de sogá. ....	20
Tabla 10: ACU: Muro de albañilería armada. ....	20
Tabla 11: ACU: Muro de ladrillo Econoblock de canto. ....	21
Tabla 12: ACU: Tabiquería en drywall. ....	21
Tabla 13: Resultados del método CBA para muros divisorios. ....	22
Tabla 14: Escala de importancia para CBA en sistema de bombeo de agua. ....	24
Tabla 15: Presupuesto del sistema hidroneumático. ....	25
Tabla 16: Presupuesto del sistema de presión constante. ....	25
Tabla 17: Resultados del método CBA para sistema de bombeo de agua. ....	25

## **1. Generalidades**

### **1.1. Introducción**

En mayor proporción las obras ejecutadas en el Perú siguen procedimientos tradicionales, que en la actualidad simbolizan una problemática en temas de seguridad, calidad y principalmente en la economía. Esto se da debido a la falta de investigación y desarrollo tecnológico en el presente país, además de que la inversión de recursos no se da de manera sofisticada (Anika, 2017).

La gestión de calidad nos permite aprovechar al máximo cada aspecto presente al momento de realizar la construcción, para así evitar pérdidas económicas y optimizar los procesos en la obra, de esta manera se puede visualizar que es necesario de aplicar en el presente proyecto.

El proyecto “Edificación en la urbanización El Remanso” a evaluar es el pabellón de cómputo de un centro educativo, el cual cuenta con dos niveles sin sótanos. La edificación cuenta con un área construida de 428 m<sup>2</sup>. Este está constituido por cuatro salones de clase, dos por cada piso, y servicios higiénicos tanto para hombres como para mujeres por cada nivel. Este albergará a 35 alumnos por salón, los cuales serán empleados como laboratorio de computación.

En dicho proyecto se implementará un análisis bajo el sistema de gestión de calidad con el fin de mejorar el rendimiento, la calidad y el producto o servicio final. Es por ello que en la presente investigación se abordarán la descripción de procesos constructivos alternativos a los empleados en el proyecto para luego obtener los costos y manos de obra de estos con los convencionales. Finalmente, se presentarán la descripción de los resultados y las conclusiones de la investigación realizada.

### **1.2. Justificación**

En la actualidad, los proyectos de construcción de edificaciones en el Perú se basan en sistemas y materiales tradicionales para la realización de los procesos constructivos. Esto se debe a que las empresas no buscan la innovación en dichos procesos. Prueba de esto es que, según el reporte realizado por la Global Innovation Index, el Perú se encuentra en el puesto 65 respecto

a la innovación en infraestructura global. (Cornell University, INSEAD, & World Intellectual Property Organization, 2019).

Debido al avance tecnológico que existe en otros países, es necesario generar una implementación de nuevos sistemas y procesos a los ya existentes en el Perú a fin de obtener un mejor desarrollo en la construcción de obras. De esa manera, la presente investigación permitirá conocer nuevas opciones de diseño e instalación en los sistemas y procesos constructivos empleados en la edificación de estudio.

### **1.3. Alcance**

El alcance de este trabajo de investigación consta en la determinación de las mejores alternativas de diseño e instalación para el proyecto “Pabellón de computación de dos pisos” para tres casos de estudio que serán nombrados más adelante. Para esta determinación, se necesitará de la información del propio proyecto a la cual se tiene acceso.

Se debe mencionar que, como limitación, esta investigación es solo aplicable a proyectos de características similares. Por otro lado, los elementos empleados en esta investigación fueron cotizados para la ciudad de Lima, por lo que, también, puede ser considerado como una limitación.

### **1.4. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Se tiene como objetivo general determinar la mejor alternativa de diseño e instalación para los siguientes casos de estudio: proceso constructivo de losas, proceso constructivo de muros divisorios para ambientes y sistema de bombeo de agua fría del Pabellón de computación de dos pisos.

#### **Objetivos específicos**

- Identificar las alternativas de diseño e instalación para cada uno de los casos de estudio.
- Realizar la selección multicriterio Choosing by Advantages para cada caso de estudio.
- Determinar la mejor alternativa para cada caso de estudio.

## 1.5. Metodología

Para la metodología de esta investigación, se usará el método de selección multicriterio conocido como Choosing By Advantages (CBA). Como su nombre lo indica, este es un sistema de toma de decisiones mediante la elección por ventajas. Las etapas para desarrollar este método son las siguientes:

### 1. Identificar alternativas:

En primer lugar, se determinan las alternativas analizar mediante este sistema. Para esto se debe investigar las ofertas que ofrece el mercado.

### 2. Definir factores:

Después, se deben definir los factores con los cuales se compararán las alternativas escogidas. Estos factores son características de la actividad a analizar tales como el costo, tiempo, garantía, entre otros.

### 3. Definir qué se debe tener o se desea tener como criterio para cada factor:

Posteriormente, se establecen los criterios mediante los cuales se juzgan a las alternativas. En otras palabras, se debe especificar qué es lo que se quiere o desea para cada factor definido.

### 4. Describir los atributos de cada alternativa:

En esta etapa, se deben describir de forma resumida los atributos de las alternativas de estudio respecto a un factor de comparación. Los atributos son características de las opciones o alternativas que permitirán establecer la ventaja de una alternativa frente a otra.

### 5. Decidir las ventajas de cada alternativa:

Durante esta etapa, se debe establecer la ventaja que posee una alternativa frente a la alternativa más desfavorable.

### 6. Decidir la importancia de cada ventaja:

En esta penúltima etapa, se debe establecer un valor de importancia a cada ventaja definida en la etapa anterior. Dicho valor de importancia varía de 0 a 100. Además, el valor de importancia permitirá puntuar las ventajas de cada alternativa respecto a un factor. Para determinar qué



factor tiene mayor importancia, los involucrados en este estudio determinarán individualmente qué factores son importantes de acuerdo su propio juicio. Una vez establecidos estos valores de importancia, mediante un consenso, se determinará el valor de importancia final para cada factor de estudio.

7. Evaluar datos de costos:

Finalmente, se evalúa la importancia total de cada alternativa. Esta se calculará mediante la suma de las puntuaciones de ventaja obtenidas en cada alternativa. De esta forma, se podrá determinar cuál es la mejor alternativa a escoger.

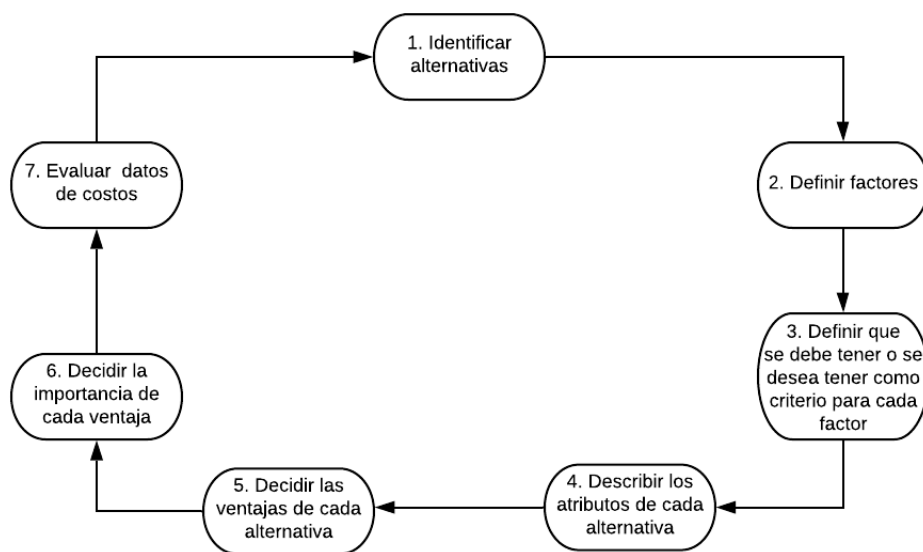


Figura 1: Etapas del CBA (Adaptado de “Arroyo, Tommelein, Ballard, & Rumsey”, 2016)

## **2. Revisión de Literatura**

### **2.1. Antecedentes CBA**

La toma de decisiones en el sector construcción, generalmente, no se basa en análisis rigurosos. Esto se debe a que los actores involucrados poseen diversas perspectivas que generan intereses de conflicto (Arroyo, Fuenzalida, Albert, & Hallowell, 2016). Es por esto que al momento de realizar la construcción de un edificio no se toma necesariamente la mejor opción de diseño o instalación. Para corregir esto, se necesita de una mejora en el trabajo en equipo. Asimismo, se requiere de un método para la toma de decisiones que pueda permitir la evaluación de diversas alternativas. Como solución a esto, surgió el método Choosing by Advantage, el cual fue construido por Jim Surh (Surh, 1999). Es gracias a la invención de este método que, actualmente, se cuenta con un método de selección multicriterio que permite la elección de la mejor alternativa de un estudio, y que puede ser aplicado para la toma de decisiones en el sector construcción.

### **2.2. Alternativas de diseño para losas**

Actualmente, se cuenta con diversos procesos constructivos para la construcción de losas en edificaciones. Estas pueden ser aligeradas o macizas. Para este caso de estudio, nos enfocaremos en la construcción de losas aligeradas y, particularmente, en dos tipos de diseño de esta, los cuales serán mencionados más adelante.

#### **Losa aligerada con viguetas convencionales:**

Este diseño de losa es el más común y el que se usa mayormente en las construcciones. Está conformado por viguetas de concreto que poseen varillas de acero en su interior y se vacían in situ. Además, estas viguetas contienen ladrillos huecos de arcilla cocida sobre las cuales se coloca el acero de temperatura. Dichos ladrillos poseen diferentes alturas, las cuales dependen del espesor de la losa. Las secciones de estas viguetas se aprecian en la siguiente figura:

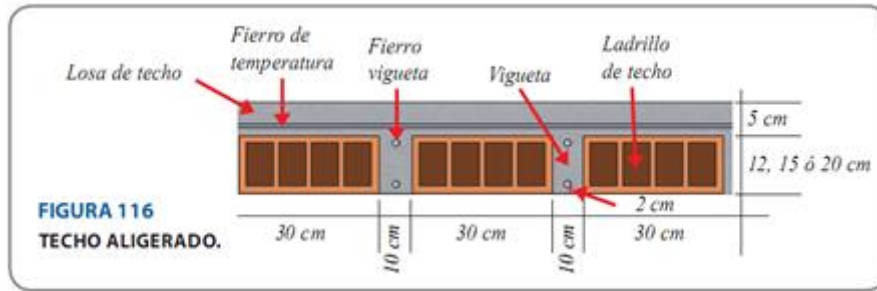


Figura 2: Vigueta convencional (Fuente: Aceros Arequipa)

Las etapas de su proceso constructivo son las siguientes:

- Encofrado.
- Colocación de acero, ladrillo e instalaciones.
- Vaciado del concreto de losa.
- Curado del concreto.
- Desencofrado.

### **Losa aligerada con viguetas prefabricadas:**

Este diseño de losas está conformado por viguetas prefabricadas de concreto armado, las cuales están separadas mediante bovedillas. Estas viguetas pueden ser de alma abierta o llena. Asimismo, las bovedillas pueden ser de distintos materiales. Sobre la parte superior de las bovedillas, se coloca una malla de temperatura electro soldada. A continuación, se mostrarán las secciones de estos dos tipos de viguetas:

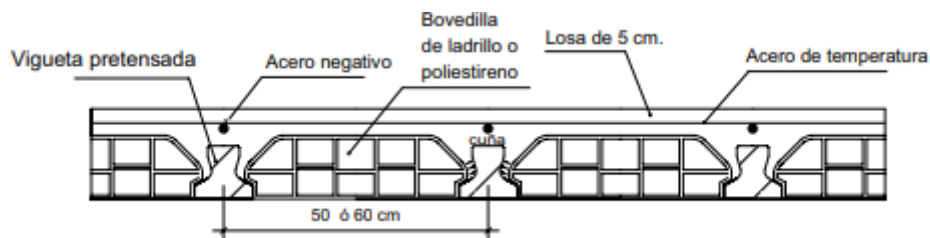


Figura 3: Vigueta de alma llena (SENCICO, 2006)



Figura 4: Vigüeta de alma abierta Alitec (SENCICO)

Las fases del proceso constructivo para estos dos tipos de vigüetas prefabricadas son iguales, y son las siguientes:

- Almacén de vigüetas en obra.
- Apuntalamiento.
- Colocación de vigüetas, bovedillas e instalaciones.
- Vaciado de concreto en losa y curado.
- Desencofrado.

### **2.3. Alternativas de diseño para muros divisorios**

#### **Muros no estructurales:**

Los muros no estructurales son aquellos que no forman parte del sistema estructural, su función se simplifica a la división y separación de espacios principalmente, ya que no se considera su aporte de rigidez de ninguna manera, ni tampoco ayudan a soportar las cargas estructurales. Este tipo de muros a su vez se subdivide en dos categorías: muros divisorios, cuya única función es la de dividir espacios; y la fachada, que además de cumplir la función de separarla del exterior, se debe considerar su aporte en la protección acústica, térmica, de humedad y factores ambientales diversos (Macchi, 2014).

#### **Muros de ladrillo King Kong:**

Es el muro más común utilizado en la construcción, se emplean ladrillos de arcilla tipo King Kong de 18 huecos, los ladrillos no deberán contener materias extrañas en su superficie o en

su interior, todas las piezas de ladrillo deberán ser de la misma dimensión, sin resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas que puedan degradar su durabilidad.

El proceso constructivo de un muro de ladrillo king kong tiene como requisitos:

- Contar con mano de obra calificada.
- Cumplir que los espesores de las juntas sean como mínimo de 10 mm de mortero y 15 mm en promedio.
- Las unidades de albañilería se deben asentar en superficies limpias.
- No volver a mezclar mortero en sí mismo, el mortero que se prepara debe ser utilizado en el plazo de una hora, preparado en la cantidad a emplear.
- No asentar más de 1.20m de altura en una jornada de trabajo.

#### **Muro de albañilería armada:**

Este tipo de muro consta de albañilería reforzada, en donde, en su interior se encuentran varillas de acero distribuidas de forma vertical y horizontal, las cuales se integran mediante concreto líquido. De esta manera todos los componentes actúan conjuntamente para resistir los esfuerzos (Norma técnica e.070 albañilería, 2006).

El proceso constructivo de un muro de albañilería armada es el siguiente:

- Para este tipo de muro no se recomienda utilizar cimentación corrida de concreto ciclópeo, debido a que se hace uso de refuerzo vertical, el cual podría ser afectado por el tamaño del agregado que existe en un concreto ciclópeo.
- Usualmente se dejan espigas verticales, desde la cimentación para facilitar la construcción, después de la colocación de las espigas se realiza un traslape de acero, para continuar con el armado del muro.
- El sobre cimientado debe tener el mismo espesor del muro y sirve de protección contra la humedad. Su altura con respecto al nivel del terreno es de 30 cm como mínimo.

- Después del vaciado de concreto en el sobre cimiento es recomendable utilizar un rayado en la parte superior de 5 mm, con el fin de obtener una mejor conexión entre el sobre cimiento y la albañilería.
- Para este tipo de albañilería se hace uso de bloques de concreto vibrado, los cuales presentan 2 celdas en su interior, lugar por donde será insertado el acero.
- Adicionalmente se debe hacer ventanas de limpieza en la primera hilada, con la finalidad de eliminar los desperdicios que se generen al momento del asentado sobre la base del muro, de manera conjunta se hace uso de un retazo de plástico, con el fin de evitar una junta fría.
- Para la mezcla de mortero debe de añadirse  $\frac{1}{2}$  volumen de cal hidratada, debido a que los bloques deben de asentarse en seco.
- El asentamiento de bloques se realiza hasta alcanzar una altura máxima de 1.30 m.



Figura 5: Muro de albañilería armada.

### **Muro de ladrillo sílico calcáreo:**

El ladrillo sílico calcáreo es la mezcla de cal, agregados y agua. Los ladrillos se apilan con una junta de 1.5 cm de mortero, tiene como beneficios un acabado semi-caravista con aristas y bordes bien logrados, otorga un mejor filtro acústico respecto a muros de ladrillo de arcilla además de un mejor aislamiento térmico. El proceso de asentamiento es similar al de un muro de ladrillos de arcilla con la excepción de que no es necesario mojar las piezas sílico calcáreas.

### **Econoblock:**

Unidad de tabiquería diseñada como alternativa al uso de ladrillo pandereta, que tiene como objetivo optimizar materiales y mano de obra. Debido a sus dimensiones se requiere de menor cantidad de mortero e hiladas para levantar una pared. El proceso constructivo, es similar a los demás muros de albañilería confinada.



Figura 6: Muro con ladrillo Econoblock vs Muro con ladrillo pandereta.

- Se construye después de realizar el desencofrado de la estructura apoticada
- Se realiza el replanteo de los muros en el suelo para determinar su ubicación exacta.
- Se humedecen los ladrillos
- Los ladrillos de cada hilada son ubicados a la mitad de la longitud de los ladrillos de la hilada inferior
- Se realiza el procedimiento hasta tener un avance de 1.20m máximo de altura en el día
- Se realiza un sistema de columnetas de amarre

### **Drywall:**

El Drywall, como su nombre indica, es un sistema constructivo de muro seco, en donde no participa el agua. Gracias a que no es necesario utilizar agua se puede reducir en gran medida el tiempo de construcción de los elementos divisorios, en comparación a otros sistemas constructivos en donde sí se requiere utilizar agua. Su fácil instalación permite que sea una opción muy importante a considerar cuando se trata de proyectos importantes. Al mismo tiempo es liviano, por lo que estructuralmente permite tener un menor peso en la estructura.



Figura 7: Sistema de muros Drywall.

Fases del proceso constructiva para la instalación de muros de Drywall:

- Habilitar perfiles
- Armar estructuras para tabiques
- Colocar marco para vanos
- Colocar revestimiento y aislamiento termo acústico
- Dar acabado

#### 2.4. Alternativas el sistema de bombeo de agua fría

##### **Sistema Hidroneumático:**

Este es un sistema indirecto que suministra directamente el agua a la red interior de la estructura o al menos a una parte de ella mediante un tanque hidroneumático horizontal o vertical. Este sistema también cuenta con un tanque, que generalmente será subterráneo donde se almacenará el agua y será enviado por una bomba al tanque hidroneumático. Este contendrá volúmenes variables tanto de aire como de agua de tal manera que al aumentar el nivel del último mencionado en el recipiente, aumentará la presión por el aire comprimido hasta llegar a unos valores de presión y agua requeridos por la edificación para que el hidroacumulador detenga el llenado del tanque. Además, cuando se llegan a los niveles mínimos de agua en el tanque, el



hidroacumulador se encargará de accionar la bomba para que se vuelva a llenar el tanque (Rodríguez, 2009).

Para el caso del presente proyecto se requiere el uso de dos bombas; por lo que, adicionalmente el hidroacumulador deberá contar con una membrana que evite el contacto entre el agua y el aire para así dividir el caudal que succionara cada bomba.

Este sistema está compuesto generalmente por un tanque de presión, una o más bombas dependiendo de la cantidad de caudal y presión que requiera la estructura, un controlador de la relación aire-agua en el tanque hidroneumático, tablero de potencia y control de motores, interruptor para apagar el sistema, manómetro, filtro para el aire, compresor para el aire en el tanque hidroneumático, interruptor de presión, válvula de seguridad, válvula de retención en tuberías de descarga de la bomba al tanque hidroneumático, llave de paso entre bomba y tanque hidroneumático, llaves de purga en tuberías de drenaje, drenaje del tanque hidroneumático y el indicador exterior de la presión (Díaz Rodríguez, 2009).

Algunos de los problemas que ha presentado el sistema hidroneumático son principalmente 3. En primer lugar, hay una mezcla entre aire y agua en el tanque hidroneumático. Esto provoca una pérdida de aire en dicho elemento; lo cual reduce la presión. En segundo lugar, en el tanque hidroneumático hay una contaminación del agua con el metal del cual está compuesto el tanque. Finalmente, otro posible problema puede ser que este sistema solo se usa para trabajar con presiones pequeñas; por lo que, es muy limitado su uso.

### **Sistema de presión constante:**

Al igual que en el sistema anterior suministra directamente el agua a la red interior de la estructura a una presión constante en todas las salidas sanitarias. En este sistema es necesario contar con un tanque subterráneo y con una o varias bombas de los cuales se extraerá la cantidad de agua necesaria para cada aparato sanitario (Díaz Rodríguez, 2009). El principal beneficio de este tipo de sistemas es que permiten contar con una mejor eficiencia en cuanto a energía se refiere, gastando una menor cantidad de esta a comparación de un sistema convencional. Además, requieren un menor costo por su mantenimiento, regulan la presión y el caudal del agua (Padilla, 2000).

Este sistema está compuesto generalmente por una serie de bombas como se indicó en líneas anteriores, un sensor de presión, un tablero, un controlador de presión constante y un variador

de frecuencia. Estos dos últimos son aquellos que permiten que la bomba tenga la presión requerida por la edificación regulando esta, así como su velocidad. Esto se realiza comparando la presión necesaria con la presión real; si esta última es menor a la requerida por la estructura aumentará la velocidad de la bomba, pero si esta es mayor ocurre lo contrario. En caso de que se tengan varias bombas es común contar con una bomba principal y otras secundarias de tal manera que el variador de frecuencia se encarga de apagar y encender las bombas con el fin de que la presión se mantenga constante en todo momento en el sistema (Céspedes, 2018). Además, se sabe que se tiene un PLC (Programming Logic Controller) que es un dispositivo electrónico con un software que es programado para controlar y monitorear el sistema de presión constante (Díaz, 2015). Además, estos dispositivos suelen emplearse con una pantalla táctil para el control de las bombas, de tal manera que permita ver el estado de la o las bombas que se usen y de los variadores de velocidad del sistema. Asimismo, a fin de contar con una mejor seguridad, permite programar una contraseña para que solo los especialistas puedan manipularlo y configurarlo como se mencionó (Vega, 2011). Estos dispositivos también permiten obtener otros valores de menor relevancia como los niveles de agua de las bombas y de la temperatura que hay en ellas (Falconí, 2013).

El principal posible problema con este tipo de sistema es que los elementos de estos se pueden ir deteriorando por el golpe de presión que tienen que soportar al variar la frecuencia. También, es común que hay un sobredimensionamiento. Asimismo, puede que haya una mala eficiencia de la energía empleada por las bombas, por un mal control de la presión o del variador de frecuencia. Es por ello la importancia de realizar una demostración probando su funcionamiento con bombas múltiples en secuencia y de forma alternada observando la presión que presentan en un periodo de tiempo (Céspedes Gonzales, 2018; Paredes Arévalo, 2014).

### 3. Desarrollo de la investigación

#### 3.1. Caso de estudio de losas aligeradas

Se investigaron sobre diversas alternativas para la construcción de losas aligeradas. Al inicio se esperaba poder contar con tres alternativas distintas de viguetas, las cuales eran la convencional, la prefabricada de alma llena y la prefabricada de alma abierta. Sin embargo, a medida que se fueron investigando proveedores y diseños, se optó por retirar esta última alternativa ya que se encontraba limitada información sobre ella. Además, tampoco se encontró información que sustente que una vigueta de alma abierta, sin diseño especial, pueda soportar sobrecargas de hasta 400 kg/cm<sup>2</sup> a las cuales está sometida el edificio de estudio. Es por esto que al final quedaron solo dos alternativas para la construcción de losas aligeradas. Estas fueron las viguetas convencionales y las viguetas prefabricadas de alma llena. Además, es importante mencionar que también para el caso de viguetas de alma llena se encontraban dificultades para resistir las cargas solicitantes. Debido a ello, la vigueta prefabricada escogida para el estudio fue aquella que poseía mayor acero en su interior (vigueta 105).

Tal como se mencionó en la metodología, el método con el cual se determinará cuál de estas dos opciones es mejor es el CBA. Para esto, pasaremos a nombrar los factores que se tomarán en cuenta para este análisis:

- Costo
- Tiempo
- Disponibilidad
- Facilidad de construcción

Asimismo, los involucrados en este estudio, luego de un consenso, establecieron la escala de importancia de las ventajas de estos factores. Este será mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 1: Escala de importancia de CBA para losas.

<b>IMPORTANCIA</b>	<b>VENTAJA</b>	<b>FACTOR</b>
100	Más barato	COSTO
75	Más rápido	TIEMPO
50	Más fácil	FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN
25	Más accesible	DISPONIBILIDAD

Tal como se observa en la tabla 1, el factor de mayor importancia es el costo. Para determinar esto, se utilizó la información del análisis de los costos unitarios (ACU) del proyecto en estudio. Asimismo, debido a que este proyecto no contaba con el uso de viguetas prefabricadas se elaboraron los ACU respectivos para su instalación. Estos serán mostrados a continuación:

Tabla 2: ACU: Viguetas convencionales.

Partida	LOSA ALIGERADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2 (CEMENTO TIPO I)					
Rendimiento	m3/DIA	60		EQ. 60		Costo unitario directo por : m3 <b>295.04</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>		<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>
						<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERADOR DE EQUIPO	hh		1	0.1333	23.7	3.16
OPERARIO	hh		2	0.2667	22.94	6.12
OFICIAL	hh		1	0.1333	18.14	2.42
PEON	hh		4	0.5333	16.39	8.74
						<b>20.44</b>
	<b>Materiales</b>					
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2 CEMENTO TIPO I	m3			1.02	235.5	240.21
						<b>240.21</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	20.44	0.61
VIBRADOR DE CONCRETO 1.5" 4HP	hm		1	0.1333	5.85	0.78
						<b>1.39</b>
	<b>Subcontratos</b>					
SC SERVICIO BOMBA TELESCOPICA	m3			1	33	33
						<b>33</b>

Partida	LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					
Rendimiento	m2/DIA	15				Costo unitario directo por : m2 <b>45.59</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>		<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>
						<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh		1	0.5333	22.94	12.23
OFICIAL	hh		1	0.5333	18.14	9.67
						<b>21.9</b>
	<b>Materiales</b>					
CLAVOS PROMEDIO CONSTRUCCION	kg			0.1	4.15	0.42
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #8	kg			0.1	2.75	0.28
MADERA TORNILLO	p2			3.53	6.2	21.89
						<b>22.59</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5	21.9	1.1
						<b>1.1</b>

Partida	LOSA ALIGERADA: ACERO DE REFUERZO Fy=4200 KG/CM2					
Rendimiento	kg/DIA	300		EQ. 300		Costo unitario directo por : kg <b>4.31</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>		<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>
						<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh		1	0.0267	22.94	0.61
OFICIAL	hh		1	0.0267	18.14	0.48
						<b>1.09</b>
	<b>Materiales</b>					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #16	kg			0.02	2.75	0.06
ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton			0.0011	2,764.64	3.04
						<b>3.1</b>
	<b>Equipos</b>					
CIZALLA ELECTRICA	hm	0.33		0.0088	4.77	0.04
DOBLADORA	hm	0.33		0.0088	3.78	0.03
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5	1.09	0.05
						<b>0.12</b>

Partida	LADRILLO PARA TECHO DE 20X30X30 CM					
Rendimiento	und/DIA	1,300.00	EQ	1,300.00	Costo unitario directo por : und	3.6
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh		1	0.0062	22.94	0.14
PEON	hh		9	0.0554	16.39	0.91
						<b>1.05</b>
	<b>Materiales</b>					
LADRILLO ARCILLA HUECO 20 20X30X30cm	mll			0.001	2,521.19	2.52
						<b>2.52</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	1.05	0.03
						<b>0.03</b>

Partida	CURADO DE CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS					
Rendimiento	m2/DIA	150	EQ	150	Costo unitario directo por : m2	1.82
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh		1	0.0533	16.39	0.87
						<b>0.87</b>
	<b>Materiales</b>					
CURADOR MEMBRANA BLANCA Z	gal			0.04	22.9	0.92
						<b>0.92</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	0.87	0.03
						<b>0.03</b>

Tabla 3: ACU: Vigüeta prefabricada de alma llena.

Partida	LOSA PREFABRICADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2 (CEMENTO TIPO I)					
Rendimiento	m3/DIA	60	EQ	60	Costo unitario directo por : m3	295.04
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERADOR DE EQUIPO	hh		1	0.1333	23.7	3.16
OPERARIO	hh		2	0.2667	22.94	6.12
OFICIAL	hh		1	0.1333	18.14	2.42
PEON	hh		4	0.5333	16.39	8.74
						<b>20.44</b>
	<b>Materiales</b>					
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2 CEMENTO TIPO I	m3			1.02	235.5	240.21
						<b>240.21</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	20.44	0.61
VIBRADOR DE CONCRETO 1.5" 4HP	hm		1	0.1333	5.85	0.78
						<b>1.39</b>
	<b>Subcontratos</b>					
SC SERVICIO BOMBA TELESCOPICA	m3			1	33	33
						<b>33</b>

Partida	LOSA PREFABRICADA: APUNTALAMIENTO Y DESENCOFRADO					
Rendimiento	m2/DIA	70			Costo unitario directo por : m2	11.88
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh		1	0.1143	22.94	2.62
OFICIAL	hh		1	0.1143	18.14	2.07
						<b>4.69</b>
	<b>Materiales</b>					
CLAVOS PROMEDIO CONSTRUCCION	kg			0.025	4.15	0.10
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #16	kg			0.1	2.75	0.28
MADERA TORNILLO	p2			1.06	6.2	6.57
						<b>6.95</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5	4.69	0.23
						<b>0.23</b>

Partida	LOSA PREFABRICADA: COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS					
Rendimiento	m2/DIA	140			Costo unitario directo por : m2	43.75
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh		1	0.0571	22.94	1.31
PEON	hh		5	0.2857	16.39	4.68
						<b>5.99</b>
	<b>Materiales</b>					
VIGUETA PREFABRICADA	m			2	18.79	37.58
						37.58
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	5.99	0.18
						0.18

Partida	LOSA PREFABRICADA: COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS					
Rendimiento	und/DIA	1000			Costo unitario directo por : und	16.86
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh		0.25	0.0020	22.94	0.05
PEON	hh		0.75	0.0060	16.39	0.10
						<b>0.14</b>
	<b>Materiales</b>					
BOVEDILLA DE POLI.	m			1	16.71	16.71
						16.71
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	0.14	0.00
						0.00

Partida	LOSA PREFABRICADA: IZAJE DE VIGUETAS PREFABRICADAS					
Rendimiento	m2/DIA	180			Costo unitario directo por : m2	4.50
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh		6	0.2667	16.39	4.37
						<b>4.37</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	4.37	0.13
						0.13

Partida	CURADO DE CONCRETO EN LOSAS PREFABRICADAS					
Rendimiento	m2/DIA	150			Costo unitario directo por : m2	1.82
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh		1	0.0533	16.39	0.87
						<b>0.87</b>
	<b>Materiales</b>					
CURADOR MEMBRANA BLANCA Z	gal			0.04	22.9	0.92
						<b>0.92</b>
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	0.87	0.03
						0.03

Una vez que se cuentan con los ACU, se procedió a elaborar el presupuesto para cada una de estas dos alternativas. Es importante mencionar que para esto se utilizó los metrados del proyecto de estudio. Estos presupuestos serán mostrados en las siguientes tablas:

Tabla 4: Presupuesto de alternativa 1.

PRESUPUESTO: VIGUETA CONVENCIONAL				
Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
LOSA ALIGERADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2 (CEMENTO TIPO I)	m3	66.23	295.04	19,540.50
LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	661.9	45.59	30,176.02
LOSA ALIGERADA: ACERO DE REFUERZO Fy=4200 KG/CM2	kg	4,887.13	4.31	21,063.53
LADRILLO PARA TECHO DE 20X30X30 CM	und	5,516.00	3.6	19,857.60
CURADO DE CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS	m2	661.9	1.82	1,204.66
				<b>91,842.31</b>

Tabla 5: Presupuesto de Alternativa 2.

PRESUPUESTO: VIGUETA PREFABRICADA				
Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
LOSA PREFABRICADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2 (CEMENTO TIPO D)	m3	33.1	295.04	9,765.84
LOSA PREFABRICADA: APUNTALAMIENTO Y DESENCOFRADO	m2	661.9	11.88	7,863.60
LOSA PREFABRICADA: COLOCACIÓN MANUAL DE VIGUETAS	m2	661.9	43.75	28,960.46
LOSA PREFABRICADA: COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS	und	705.00	16.86	11,885.28
LOSA PREFABRICADA: IZAJE DE VIGUETAS	m2	661.9	4.50	2,979.73
CURADO DE CONCRETO EN LOSAS PREFABRICADAS	m2	661.9	1.82	1,202.16
				<b>62,657.07</b>

### Desarrollo de CBA para el caso de estudio:

Con la información mostrada previamente y los conocimientos adquiridos durante esta investigación, se desarrolló el método CBA siguiendo las pautas indicadas en la metodología de esta investigación.

Tabla 6: Resultados del método CBA para losas aligeradas.

Alternativas de solución:		CBA					
		Alternativa 1			Alternativa 2		
		Vigueta convencional			Vigueta prefabricada		
Factores	Criterio	Atributo:			Atributo:		
Costo	Mientras más barato es mejor	Atributo:	Posee un costo total directo de 91842.31 soles sin incluir IGV		Atributo:	Posee un costo total directo de 62657.07 soles sin incluir IGV	
		Ventaja: No existe	Importancia:	50	Ventaja: Estaría ahorrando 29185.24 soles	Importancia:	100
Tiempo	Si es más rápido es mejor	Atributo:	Requiere de encofrados, los cuales establecen el ritmo con el que avanza la obra.		Atributo:	Debido a que no necesita de encofrados, se agiliza el ritmo de la obra.	
		Ventaja: No existe	Importancia:	30	Ventaja: Se realiza más rapido	Importancia:	75
Facilidad de construcción	Mientras más fácil mejor	Atributo:	Requiere de mano de obra especializada para la habilitación de acero.		Atributo:	Debido a que el montaje de las viguetas es sencillo, no requiere mano de obra especializada.	
		Ventaja: No hay	Importancia:	25	Ventaja: Es más fácil	Importancia:	50
Disponibilidad	Si es más accesible mejor	Atributo:	Al tratarse de un sistema tradicional, es muy usado y conocido.		Atributo:	Pese a que este método de diseño no es nuevo, no es muy usado en las construcciones	
		Ventaja: Más accesible	Importancia:	25	Ventaja: No hay	Importancia:	5
				130			230

Tal como se observa, esta herramienta nos permitió determinar cuál es la mejor alternativa a implementar. Por tanto, se obtuvo que conviene el uso de viguetas prefabricadas para la construcción de las losas aligeradas del proyecto de estudio.

### 3.2. Caso de estudio de muros divisorios

Para los muros instalados se estudiará la comparación entre los sistemas de muros king kong, albañilería armada, muros con bloques sílico calcáreos, muros con ladrillo econoblock y drywall con aislamiento para las divisiones entre salones. Los factores que se tomaron en cuenta para la elaboración del CBA de alternativas de muros divisorios son:

- Costo
- Tiempo
- Facilidad de construcción/logística

- Disponibilidad

La escala de importancia se establece de la siguiente forma:

Tabla 7: Escala de importancia de CBA para muros divisorios

IMPORTANCIA	VENTAJA	FACTOR
100	Más barato	COSTO
75	Más rápido	TIEMPO
50	Más fácil	FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN
25	Más accesible	DISPONIBILIDAD

El valor del costo se obtiene elaborando análisis de costos unitarios para cada tipo de muro evaluado:

Tabla 8: ACU: Muro de ladrillo sílico calcáreo.

Partida	Muro Lad.s.calc.k.k.normal 14x24x9 (iv) Solaq. Soga					
Rendimiento	m2/DIA	7.75		Costo unitario directo por : m2		139.19
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	hh	1	1.0323	22.91	23.65	
PEON	hh	0.5	0.5161	16.37	8.45	
						32.1
<b>Materiales</b>						
Andamio Metal Tipo Acrow	JGO		0.129	400	51.6	
Arena Gruesa	M3		0.0178	48.31	0.86	
Cal Hidratada En Bolsa 30 Kg	BLS		0.0399	11.78	0.47	
Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)	BLS		0.1562	18.47	2.89	
Ladrillo Sil-cal.(iv) M.solaq. King Kong Normal 14x24x9cm	MLL		0.0412	1,200.00	49.44	
Madera Andamiaje	P2		0.0624	3.5	0.22	
						105.48
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5	32.1	1.61	
						1.61



Tabla 9: ACU: Muro de ladrillo king kong de sogá.

Partida	Muro Ladr. K-k De Soga Mezc.c:a 1:4 C.v., Tipo Iv					
Rendimiento	m2/DIA	7.2			Costo unitario direc	66.29
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	hh	1	1.1111	22.91	25.46	
PEON	hh	0.5	0.5556	16.37	9.1	
						34.56
<b>Materiales</b>						
Agua	M3		0.0052	5.68	0.03	
Arena Gruesa	M3		0.0204	48.31	0.99	
Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)	BLS		0.1817	18.47	3.36	
Clavo C/cabeza P/construccion D. Promedio	KG		0.002	4.15	0.01	
Ladrillo Arcilla King Kong 18 Huecos (tipo Iv) 9x12.5x23cm	MLL		0.044	550	24.2	
Madera Andamiaje	P2		0.403	3.5	1.41	
						30
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5	34.56	1.73	
						1.73

Tabla 10: ACU: Muro de albañilería armada.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>1 Materiales</b>					
mt02bhp010Afa	Ud	Bloque de concreto, liso estándar color gris, 40x20x15 cm, resistencia normalizada R10 (10 N/mm²), densidad 1200 kg/m³, para revestir.	12,600	2.04	25.70
mt07aco060g	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTP 339.186 y ASTM A 706.	0.210	2.99	0.63
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0.010	3.17	0.03
mt07aag010ebe	m	Armadura horizontal prefabricada en las juntas de acero galvanizado en caliente con recubrimiento de resina epoxi de 3.7 mm de diámetro y 75 mm de anchura, con dispositivos de separación, geometría diseñada para permitir el empalme y sistema de autocontrol del operario (SAC).	2,450	7.05	17.27
mt08cem000b	kg	Cemento gris en sacos.	8,590	0.43	3.69
mt08aaa010a	m³	Agua.	0.008	4.32	0.03
mt01arg000b	m³	Arena cribada.	0.008	39.74	0.32
mt01arg001be	m³	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12,5 mm.	0.010	54.06	0.54
mt01arg005a	t	Arena de cantera, para mortero preparado en obra.	0.017	58.29	0.99
		<b>Subtotal materiales:</b>			<b>49.20</b>
<b>2 Equipos</b>					
mq06hor010	h	Mezcladora de concreto.	0.017	4.64	0.08
		<b>Subtotal equipos:</b>			<b>0.08</b>
<b>3 Mano de obra</b>					
mo021	h	Operario albañil.	0.560	21.66	12.13
mo114	h	Peón albañil.	0.686	14.43	9.90
mo043	h	Operario fierro.	0.134	22.56	3.02
mo090	h	Oficial fierro.	0.134	15.62	2.09
		<b>Subtotal mano de obra:</b>			<b>27.14</b>
<b>4 Herramientas</b>					
	%	Herramientas	2.000	76.42	1.53
Coste de mantenimiento decenal: S/. 3.90 en los primeros 10 años.					
				<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>	<b>77.95</b>

Tabla 11: ACU: Muro de ladrillo Econoblock de canto.

Partida	Muro Lad. Econoblock normal 12x18.7x35 Solaq. Canto					
Rendimiento	m2/DIA	14.5		Costo unitario directo por : m2		<b>28.95</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	hh	1	0.5517	22.91	12.64	
PEON	hh	0.5	0.2759	16.37	4.52	
					<b>17.16</b>	
<b>Materiales</b>						
Agua	M3		0.0052	5.68	0.03	
Arena Gruesa	M3		0.0108	48.31	0.52	
Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)	BLS		0.0952	18.47	1.76	
Clavo C/cabeza P/construccion D. Promedio	KG		0.002	4.15	0.01	
Ladrillo Econoblock 12x18.7x35cm	MLL		0.015	480	7.2	
Madera Andamiaje	P2		0.403	3.5	1.41	
					<b>10.93</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5	17.16	0.86	
					<b>0.86</b>	

Tabla 12: ACU: Tabiquería en drywall.

Partida	Tabiquería en Drywall					
Rendimiento	m2/DIA	14.7		Costo unitario directo por : m2		<b>64.9</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	hh	1	0.5442	22.91	12.47	
PEON	hh	2	1.0884	16.37	17.82	
					<b>30.29</b>	
<b>Materiales</b>						
Pasta para junta	kg		0.8572	2.5	2.14	
fulminante para pistola de fijacion	ciento		0.1191	35	4.17	
Tomillo Wafeer 8x13mm p/ broca	mll		0.0033	700	2.33	
Tomillo 6x22mm p/ broca	mll		0.0086	700	6	
Cinta para Junta rollo x 150 m	rll		0.0119	7	0.08	
PLANCHA DE YESO DE 5/8 1.22X2.44M E=15.9MM	pl		0.3359	39.65	13.32	
Parante de acero 89mmx38mmx0.45x3m	und		0.5715	7	4	
Riel de acero 90mmx25mmx0.45x3m	und		0.2157	7	1.51	
Angulo Esquinero metalico 2.4	und		0.0381	4	0.15	
					<b>33.7</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	30.29	0.91	
					<b>0.91</b>	

## Desarrollo de CBA para el caso de estudio

Con la información de costos y rendimientos por tipo de sistema y la información encontrada durante la investigación se desarrolla la comparación por el método CBA, de acuerdo a lo indicado en la metodología.

Tabla 13: Resultados del método CBA para muros divisorios.

Alternativas de solución:		Alternativa 1			Alternativa 2			
		Muros de ladrillo Sílico calcáreo			Muro de ladrillo kk de sogá			
Factores	Criterio							
Costo	Mientras más barato es mejor	Atributo:	Posee un costo total directo de 139.19 soles sin incluir IGTV		Atributo:	Posee un costo total directo de 66.29 soles sin incluir IGTV		
		Ventaja: No existe	Importancia:	0	Ventaja: No existe	Importancia:	40	
Tiempo	Si es más rápido es mejor	Atributo:	Rendimiento de 7.75 m <sup>2</sup> /día, similar al del ladrillo kk.		Atributo:	Rendimiento de 7.2 m <sup>2</sup> /día.		
		Ventaja: No existe	Importancia:	40	Ventaja: No existe	Importancia:	20	
Facilidad de construcción / logística	Mientras más fácil mejor	Atributo:	No requiere de mano de obra especializada, pero al ser ladrillos de mayor tamaño y peso se requiere más tiempo para transportarlos al lugar de trabajo.		Atributo:	Más trabajadores están familiarizados a construir este tipo de muros, se puede incrementar el rendimiento de trabajo.		
		Ventaja: No existe	Importancia:	40	Ventaja: Más común.	Importancia:	100	
Disponibilidad	Si es más accesible mejor	Atributo:	Al tratarse de un sistema tradicional, es muy usado y conocido.		Atributo:	Al tratarse de un sistema tradicional, es muy usado y conocido.		
		Ventaja: No existe	Importancia:	70	Ventaja: Más accesible	Importancia:	100	
			150			260		

Alternativas de solución:		Alternativa 3			Alternativa 4		
		Muro de albañilería armada			Muro de ladrillo Econoblock canto		
Factores	Criterio						
Costo	Mientras más barato es mejor	Atributo:	Posee un costo total directo de 77.95 soles sin incluir IGV		Atributo:	Posee un costo total directo de 28.95 soles sin incluir IGV	
		Ventaja: No existe	Importancia:	10	Ventaja: Más barato	Importancia:	100
Tiempo	Si es más rápido es mejor	Atributo:	Rendimiento de 6 m <sup>2</sup> /día.		Atributo:	Rendimiento de 14.5 m <sup>2</sup> /día.	
		Ventaja: No existe	Importancia:	0	Ventaja: No existe	Importancia:	70
Facilidad de construcción / logística	Mientras más fácil mejor	Atributo:	Se requiere de mayor cantidad de trabajadores especializados para colocación de fierros y vaciado de concreto. Además de tener que contar con bomba telescópica, mixer, entre otros.		Atributo:	Se trata de ladrillos más grandes pero sin mucho mayor peso, ideal para muros divisorios, se instalan de canto y consiguen el mismo ancho que muros de kk. No se requiere de mano de obra especializada	
		Ventaja: No existe	Importancia:	0	Ventaja: No existe	Importancia:	70
Disponibilidad	Si es más accesible mejor	Atributo:	Al tratarse de un sistema tradicional, es muy usado y conocido.		Atributo:	Se cuenta con disponibilidad aunque sea un modelo no muy empleado.	
		Ventaja: No existe	Importancia:	0	Ventaja: No existe	Importancia:	40
			<b>10</b>		<b>280</b>		

Alternativas de solución:		Alternativa 5		
		Tabiquería en drywall		
Factores	Criterio			
Costo	Mientras más barato es mejor	Atributo:	Posee un costo total directo de 64.9 soles sin incluir IGV	
		Ventaja: No existe	Importancia:	70
Tiempo	Si es más rápido es mejor	Atributo:	Rendimiento de 14.7 m <sup>2</sup> /día.	
		Ventaja: Mayor rendimiento.	Importancia:	100
Facilidad de construcción / logística	Mientras más fácil mejor	Atributo:	No se cuentan con muchos muros divisorios en el proyecto, la cantidad que representan no es significativa y demanda un costo mayor contratar al personal calificado para que se instalen los muros.	
		Ventaja: No existe	Importancia:	10
Disponibilidad	Si es más accesible mejor	Atributo:	Al tratarse de un sistema tradicional, es muy usado y conocido.	
		Ventaja: No existe	Importancia:	30
			<b>210</b>	

De acuerdo con el análisis CBA se obtiene que el mejor sistema es el de muros con ladrillo Econoblock por su precio, rendimiento y facilidad de construcción para este proyecto.

### 3.3. Caso de estudio de bombas de abastecimiento de agua

Para el sistema de bombeo de agua fría se realizará la comparación entre los sistemas de presión constante y el sistema hidroneumático.

Tal como se mencionó en la metodología, el método con el cual se determinará cuál de estas dos opciones es mejor es el CBA. Para esto, pasaremos a nombrar los factores que se tomarán en cuenta para este análisis:

- Eficiencia
- Costo
- Facilidad de uso
- Disponibilidad

Asimismo, los involucrados en este estudio, luego de un consenso, establecieron la escala de importancia de las ventajas de estos factores. Este será mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 14: Escala de importancia para CBA en sistema de bombeo de agua.

<b>IMPORTANCIA</b>	<b>VENTAJA</b>	<b>FACTOR</b>
100	Más eficiente	EFICIENCIA
75	Más costo	COSTO
50	Más fácil	FACILIDAD DE USO
25	Más accesible	DISPONIBILIDAD

En la tabla se da en primer lugar, una mayor importancia a la eficiencia del sistema de bombeo de agua. En segundo lugar, se le da importancia al costo del sistema de bombeo para lo cual se realizará una comparación del presupuesto de ambos sistemas. Luego, se observa que el segundo factor más importante es la facilidad de su uso en donde se evaluará la necesidad de mano de obra especializada para usar de manera adecuada el sistema, siendo el mejor el cual que sea más fácil. Finalmente, el factor de menor importancia es el de disponibilidad. Este indica qué tan accesible es la alternativa escogida.

En primer lugar, se realizará una comparación de los presupuestos para las dos alternativas presentadas. Esto fue obtenido gracias a la cotización que se realizó para una misma empresa. Esta comparación se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 15: Presupuesto del sistema hidroneumático.

PRESUPUESTO DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Electrobomba Pentax centrífuga CMT-210 2.0 HP 220V-60HZ Trif.	2	398.31	796.62
Tablero altemador de 2.0 HP 220V Trif.	1	415.25	415.25
Tanque hidroneumático Vertical 500 Lts.	2	703.39	1,406.78
Manómetro de 0-16 Bar (0 - 160 PSI) con glicerina Vertical	1	20.34	20.34
Automático de nivel LUISE $\varnothing$ 90 cable de neopreno de 3 mts.	1	13.56	13.56
Válvula de pie LUISE 2 1/2" con canastilla	2	93.22	186.44
Instalación	1	1,991.53	1,991.53
			4,830.52

Tabla 16: Presupuesto del sistema de presión constante.

PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Electrobomba Pentax vertical U9S-350/4T 3.50 HP 220V-60HZ Trif.	2	686.44	1,372.88
Tablero PC para 2 bombas con 2 variadores de 3.5 HP 220V Trif.	1	1,525.42	1,525.42
Tanque hidroneumático Vertical 24 Lts.	1	45.76	45.76
Manómetro de 0-16 Bar (0 - 160 PSI) con glicerina Vertical	1	20.34	20.34
Automático de nivel LUISE $\varnothing$ 90 cable de neopreno de 3 mts.	1	13.56	13.56
Válvula de pie LUISE 2 1/2" con canastilla	2	93.22	186.44
Instalación	1	1,991.53	1,991.53
			5,155.93

### Desarrollo de CBA para el caso estudiado:

Con la información mostrada previamente y los conocimientos adquiridos durante esta investigación, se desarrolló el método CBA siguiendo las pautas indicadas en la metodología de esta investigación.

Tabla 17: Resultados del método CBA para sistema de bombeo de agua.

Alternativas de solución		CBA					
		Alternativa 1 Sistema Hidroneumático			Alternativa 2 Sistema de presión constante		
Factores	Criterio	Atributo			Atributo		
Eficiencia	Mientras más eficiente es mejor	Pierde presión, por pérdida de aire en el tanque y gasta más energía	Atributo	30	Controla la presión y la velocidad de salida del agua; por lo que, gasta menos energía	Atributo	100
		Ventaja: No existe	Importancia		Ventaja: Gasta menos energía	Importancia	
Costo	Mientras más barato es mejor	Posee un costo total directo de 4830.52 dólares	Atributo	75	Posee un costo total directo de 5155.93 dólares	Atributo	60
		Ventaja: Ahorro de 325.41 dólares	Importancia		Ventaja: No tiene	Importancia	
Facilidad de uso	Mientras menos mano de obra especializada mejor	Se debe controlar solo el tablero	Atributo	50	Se debe controlar los variadores de velocidad y la el tablero	Atributo	30
		Ventaja: No necesita de mucho control	Importancia		Ventaja: No existe	Importancia	
Disponibilidad	Si es más accesible mejor	Es más común de encontrarlo en las tiendas	Atributo	25	Solo ciertas tiendas las venden	Atributo	10
		Ventaja: Más fácil de adquirir	Importancia		Ventaja: No existe	Importancia	
			<b>180</b>		<b>200</b>		

Como se observa en la tabla el sistema que cuenta una mayor cantidad de factores y criterios es el sistema hidroneumático; sin embargo, al ser la eficiencia el factor más importante y al ganarle por mucho el sistema de presión constante al de la alternativa 1, el que resulta ganador bajo el método CBA es el sistema de presión constante con un puntaje de 200 en comparación de uno de 180 obtenido para el sistema hidroneumático.

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

##### **4.1. Caso de estudio de losas aligeradas**

- Se determinó que la mejor alternativa para la construcción de losas de este proyecto es la que utiliza viguetas prefabricadas.
- Se observó que la alternativa 2 resultó ventajosa en 3 de los 4 factores empleados durante el desarrollo del CBA.
- Con el sistema de viguetas prefabricadas, se puede ahorrar alrededor de 29000 soles en el costo directo de este proceso constructivo. Dicha cantidad representa el 75% del costo directo de las instalaciones eléctricas, por lo que no es un monto despreciable en este proyecto.
- Durante la elaboración de estos presupuestos, se pudo determinar que el principal ahorro se da en la partida de encofrado ya que esta tiene un costo y una cantidad no despreciable en el caso de viguetas convencionales.
- En el caso de viguetas prefabricadas, se necesita solo apuntalamiento, cuyo costo y cantidad de material es inferior al de las viguetas convencionales. Sin embargo, esta diferencia va disminuyendo a medida que se incrementan los pisos.
- Se debe agregar que el ahorro sería mayor si la edificación no se tratase de un centro educativo, ya que esto evitó que se usen viguetas prefabricadas más económicas. Incluso, impidió que se considere como otra alternativa a las viguetas prefabricadas de alma abierta.

#### **4.2. Caso de estudio de muros divisorios**

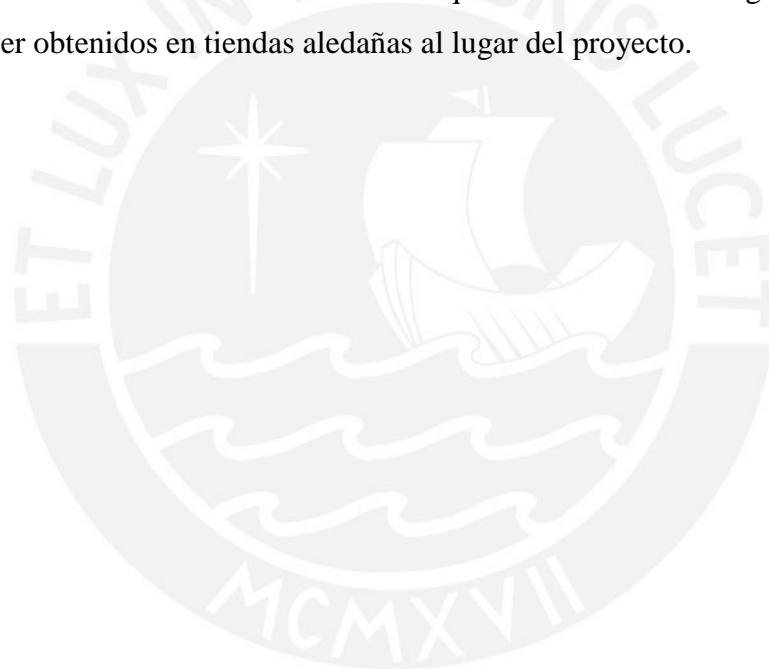
- La mejor alternativa a utilizar son los muros de albañilería compuestos con ladrillos Econoblock.
- La diferencia principal entre la alternativa de ladrillos Econoblock y la albañilería tradicional radica en el tema de los costos, en donde se observa que la primera alternativa resulta mucho más económica en comparación al sistema tradicional de muro de soga con ladrillo de king kong.
- El rendimiento de los muros con ladrillo Econoblock es a su vez similar al rendimiento de tabiquería en Drywall, el cual presenta el mejor rendimiento entre todas las alternativas gracias a su facilidad de instalación.
- Si bien el sistema tradicional de muros de albañilería de soga con ladrillos king kong superó a los ladrillos Econoblock en los últimos dos criterios de evaluación, al ser los criterios con menor peso en el sistema de evaluación, el sistema tradicional no pudo superar al de ladrillos Econoblock y resultó en segundo lugar según los criterios establecidos.
- Resulta evidente que al escoger como criterio principal el tema de costos, la alternativa correspondiente a los ladrillos Econoblock adquiere bastante relevancia al momento de utilizar la metodología.

#### **4.3. Caso de estudio de bombas de abastecimiento de agua**

- La mejor alternativa para el sistema de bombeo para el abastecimiento de agua en el edificio es el sistema de presión constante determinado bajo el método CBA
- La alternativa 2 resultó ventajosa en 1 de los 4 factores evaluados por el método CBA; sin embargo, la diferencia de puntaje con respecto a la otra alternativa en los otros tres criterios no fue muy alta, de hecho, resultaron muy similares.
- El sistema de presión constante resultó mucho más eficiente que el sistema hidroneumático al requerir menos energía al contar con variadores de frecuencias que a la vez permiten que se tenga un mejor control de la presión haciéndola constante



- El sistema hidroneumático puede perder aire al perder presión; por lo que, tiene a gastar más energía
- La diferencia de costos de ambos sistemas es de 325.41 dólares, que equivalen a 1139.64 soles; el cual es un valor muy pequeño considerándolo hasta como uno despreciable o no representativo
- Ambos sistemas no necesitan de mucho control; sin embargo, unos especialistas deben conocer el software integrado en los variadores de frecuencia del tablero para el sistema de presión constante
- Es más común el uso de un sistema hidroneumático que uno de presión constante; por lo que, es más fácil de encontrarlos en cualquier tienda. Sin embargo, ambos sistemas pueden ser obtenidos en tiendas aledañas al lugar del proyecto.



## 5. Referencias

- Anika, M. (2017). *Innovación en el sector de la construcción del Perú: Estado actual y diagnóstico*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Arroyo, P., Fuenzalida, C., Albert, A., & Hallowell, M. R. (2016). Collaborating in decision making of sustainable building design : An experimental study comparing CBA and WRC methods. *Energy & Buildings*, 128, 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.079>
- Arroyo, P., Tommelein, I. D., Ballard, G., & Rumsey, P. (2016). Choosing by advantages : A case study for selecting an HVAC system for a net zero energy museum. *Energy & Buildings*, 111, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.023>
- Céspedes, M. (2018). *Diseño y simulación de un módulo demostrativo con fines didácticos de un sistema de bombeo a presión constante de aplicación en edificios e industrias*.
- Cornell University, INSEAD, & World Intellectual Property Organization. (2019). *GLOBAL INNOVATION INDEX 2019* (12th ed.; B. Soumitra & V. Sacha Wunsch, Eds.). WIPO.
- Díaz, H. (2015). *Diseño de un sistema de control para obtener presión constante de agua*.
- Falconi, L. (2013). *Diseño e implementación de un sistema de control de presión constante para la Pausterizadora Quito*.
- Macchi, D. (2014). *Influencia de la masa de los muros no estructurales en la fuerza sísmica y en el costo del edificio en concreto reforzado GAIA 104*.
- Norma técnica e.070 albañilería. (2006).
- Padilla, F. (2000). *Sistema de bombeo de agua a presión constante mediante la aplicación de vibradores de velocidad*.
- Paredes, Y. (2014). *Diseño e implementación de un módulo demostrativo de control por variaciones de velocidad para sistemas de presión constante multibombas*.
- Rodríguez, H. (2009). *Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones*.
- SENCICO. (2006). *Manual de viguetas Firth*.
- Suhr, J. (1999). *The Choosing By Advantages Decisionmaking System*.

Vega, A. (2011). *Diseño e implementación de un sistema de control de variadores de velocidad para obtener presión de agua constante en un edificio de la Universidad Simón Bolívar.*

