

**Diseño y propuesta de
implementación de un sistema de
desarrollo de presupuestos para
la empresa constructora
Ingenieros Consultores
Asociados de Cartago S.A.
(IASA)**

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Miguel Artavia Alvarado, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS
MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
GUSTAVO
ADOLFO ROJAS
MOYA (FIRMA)
Fecha: 2020.08.17
19:19:10 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

MILTON
ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente
por MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS
(FIRMA)
Fecha: 2020.08.17
21:46:53 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Guía

MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MIGUEL FRANCISCO ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)
Fecha: 2020.08.18 12:16:55
-06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado.
Profesor Lector

JUAN CARLOS
COGHI MONTOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por JUAN CARLOS COGHI
MONTOYA (FIRMA)
Fecha: 2020.08.21
07:59:37 -06'00'

Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.
Profesor Observador

Abstract

The goal is to create an Estimation Development System, that allows to calculate quantities of materials, labor, equipment, tools and prices, and do it in a fast and efficient way. To do this, use the Microsoft Excel calculation program, where it develops a database of unit prices for materials and labor according to the current market in Costa Rica. With this, and considering simple measurements from the blueprints and documents of the project, you will get a specific budget for a specific work.

This system will be developed in the interest of IASA Constructora, in order to solve frequent problems that often occur in the estimating process, such as a late costs estimating, which entails a client, opportunity or business loss, therefore, is very important that this system is based on the project prototype the company is currently working on.

In addition to this, it should be mentioned that the system must guarantee easy, efficient and accurate results, therefore, real budgets are made in the company and then compared both methods results, the one used by the company and the proposed one.

Keywords: costs estimation, direct costs, indirect costs, budgets.

Resumen

Se busca crear un sistema de desarrollo de presupuestos cuyo objetivo sea calcular cantidades de materiales, mano de obra, equipo, herramientas y precios, esto de una manera rápida y eficiente. Para ello, se utiliza el programa de cálculo Microsoft Excel, en el que se desarrolla una base de datos de precios unitarios de materiales y mano de obra, según el mercado actual en Costa Rica. Ya con ello, considerando mediciones simples que se pueden obtener de los planos y documentos del proyecto, se saca un presupuesto detallado para una obra determinada.

Este sistema se desarrolla por interés de la Constructora IASA, con el fin de solucionar problemas frecuentes que se dan en el proceso de presupuestación, tales como la estimación tardía de costos, la cual conlleva a la pérdida de clientes u oportunidades de negocio. Por ello, es de suma importancia que dicho sistema se base en el prototipo de proyecto que actualmente trabaja la Constructora IASA.

Además de esto, cabe mencionar que el programa creado debe asegurar resultados rápidos, eficientes y precisos, por ello, se realizan presupuestos reales de la empresa y se comparan los resultados de ambos métodos: el utilizado por la empresa actualmente y el método propuesto.

Palabras clave: estimación de costos, costos directos, costos indirectos, presupuesto.

**Diseño y propuesta de
implementación de un sistema de
desarrollo de presupuestos para
la empresa constructora
Ingenieros Consultores
Asociados de Cartago S.A.
(IASA)**

**Diseño y propuesta de
implementación de un sistema de
desarrollo de presupuestos para
la empresa constructora
Ingenieros Consultores
Asociados de Cartago S.A.
(IASA)**

JOSELIN SELENA ORTEGA SILES

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio del 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	6
MARCO TEÓRICO	7
METODOLOGÍA	11
RESULTADOS.....	13
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	63
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
APÉNDICES	71
REFERENCIAS.....	72

Prefacio

Los proyectos de construcción se caracterizan por ser complejos y presentar varias etapas que son dependientes entre sí, con el fin de obtener un resultado satisfactorio para las dos partes: el cliente y el contratista. Por ello, al tener dos partes involucradas, es importante que cada etapa sea planificada y ejecutada de la mejor manera posible. En la planificación del proyecto, uno de los procesos más importantes es la estimación del costo de la obra, que implica entre otros aspectos la revisión de planos y cualquier documento relevante que pueda impactar el presupuesto.

Como se indicó, los proyectos de construcción cuentan con dos partes involucradas, el cliente y el contratista, por lo que el proceso de presupuestación realizada por el contratista debe ser de forma eficiente y precisa, de manera que se logre llegar a una negociación satisfactoria con el cliente. Uno de los factores que definen una negociación exitosa es la rapidez con la que se realice el presupuesto, pues el cliente desea saber un aproximado del costo de la obra lo antes posible y la precisión del presupuesto, esto con el fin de que el costo real no varíe mucho con respecto al costo aproximado obtenido en el presupuesto.

Actualmente, la Constructora IASA se encuentra en una etapa de crecimiento, en donde el proceso de presupuestación representa la posibilidad de obtener un proyecto de construcción desde el inicio, sin embargo, dicho proceso se dificulta al no tener una persona encargada específicamente de esta área y no poseer ningún tipo de plantilla o sistema que facilite dicho proceso. Esto último afecta directamente en el crecimiento de la empresa, pues se han estado desaprovechando oportunidades de negocios, ya sea porque el presupuesto se toma un tiempo prolongado, o bien, porque del todo no se realiza el presupuesto.

Por ello, se pretende desarrollar un sistema en el que se deban indicar consideraciones básicas, según el proyecto a presupuestar, tales como cantidades, metros lineales, alturas, entre otras, con el propósito de que el sistema se encargue de calcular totales de recursos y costos de los elementos que conforman la obra, todo esto utilizando una base de datos de precios de materiales que puede ser modificada manualmente. El objetivo de dicho sistema es agilizar el proceso de presupuestación, minimizar el desgaste mental de la persona encargada del presupuesto y disminuir el tiempo destinado actualmente a esta actividad, de manera que el tiempo que solía dedicarse para presupuestar pueda utilizarse en otras tareas.

Se agradece a la empresa IASA por abrirme sus puertas y guiarme durante cada una de las etapas de este proceso. Al profesor, Ing. Milton Sandoval, por su dedicación y recomendaciones y, finalmente, a mi familia, especialmente a mis padres, quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional.

Resumen ejecutivo

El objetivo principal de este proyecto fue desarrollar un sistema de estimación de costo que le permitiera a la constructora Ingenieros Consultores Asociados de Cartago (IASA) agilizar sus labores en este proceso.

Esta empresa es conocida por construir proyectos de calidad, lo que la ha mantenido activa desde su fundación en 1984. Actualmente, la empresa presenta problemas en cuando a la estimación de costos, ya que estos se realizan de una forma manual, lo cual conlleva mucho tiempo para su ejecución. Asimismo, este proceso depende mucho de la empresa, puesto que no se tienen datos de rendimientos de materiales o mano de obra, haciendo de los presupuestos una actividad muy dependiente. Por otro lado, los precios utilizados para los materiales de construcción se basan en la experiencia del presupuestista, pero no se cuenta con una lista de precios de materiales detallada y actualizada. Esto era un factor contraproducente para IASA, ya que, al iniciar los proyectos y al no tener un presupuesto detallado, se creaba mucha incertidumbre en cuando a los costos de construcción.

La creación de un sistema de estimación de costos le posibilita a la empresa realizar presupuestos de una forma rápida y detallada, permitiéndoles ser más competitivos al lograr cotizar más proyectos.

Durante la práctica profesional realizada en IASA, se analizó la situación actual de la constructora y se conocieron aspectos como su estructura de costos, el tipo de proyectos desarrollados en los últimos meses, se

identificaron las principales debilidades de la empresa y se trabajó en la estimación de costos, utilizando métodos manuales.

Dentro de las fortalezas de IASA, se destaca la calidad de trabajos constructivos que la empresa ejecuta, sin embargo, en el proceso de estimación de costos, se resalta la dependencia de los presupuestistas en los demás profesionales de la empresa, esto se da debido a la desactualización de la constructora con respecto al proceso de estimación de costos, así como la inexistencia de bases de datos o registros de lecciones aprendidas que funcionen para estandarizar esta tarea.

Posteriormente, se realizó el sistema de estimación de costos mediante el uso de la herramienta Microsoft Excel. Este sistema simplifica, de gran manera, los procesos de estimación de costos, puesto que, según el diseño creado, los usuarios que utilicen la herramienta solo deben introducir datos sobre las obras, los cuales se encuentran en planos y especificaciones de cada proyecto.

Dentro de las secciones que componen el programa, se tienen los cálculos de actividades independientes. En esta, el sistema toma los datos introducidos por el usuario y realiza el cálculo de materiales. A continuación, se muestra un ejemplo de esta sección.

PA1		PLACA AISLADA TIPO PA1		
Cantidad de Placas	5	Espesor de Sello	0,15	
Ancho (m)	1	Resistencia Concreto	Concreto f'c = 245kg/cm2	
Largo (m)	2	Volumen de Concreto	6,6	
Profundidad (m)	0,6	% Desperdicio Concreto	10%	
Tipo de Refuerzo	Varilla #3	Separación Aros(m)	0,15	
Recubrimiento (m)	0,05			
Materiales				
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
6,00	m3	Excavación	₡ -	₡ -
1,50	m3	Sello de Concreto Pobre	₡ 80 000,00	₡ 120 000,00
205,00	uds	Varilla #3	₡ 1 520,00	₡ 311 600,00
34,44	kg	Alambre Negro	₡ 700,00	₡ 24 108,00
67,32	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	₡ 5 950,00	₡ 400 554,00
2,49	m3	Arena Corriente de Tajo	₡ 16 000,00	₡ 39 916,80
4,99	m3	Piedra Quinta de Tajo	₡ 17 000,00	₡ 84 823,20
Total			₡	981 002,00

Figura 1. Ejemplo de pestaña de cálculo de materiales.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Asimismo, el sistema se implementa con una sección de base de datos de precios unitarios de materiales, subcontratos y mano de obra. Esta se incluye dentro del programa de manera que, al realizar el cálculo de materiales, por ejemplo, se

indique, a su vez, el costo de estos, como se observa en la figura 1.

A continuación, se muestra una sección de la base de datos de precios unitarios de materiales.

BASE DE DATOS DE PRECIOS UNITARIOS DE MATERIALES				
Descripción	Unidad	Costo Material	Costo Subcont	Costo Unitario Total
Bloques de Concreto Clase A 10x20x40	uds	₡ 390.00		₡ 390.00
Bloques de Concreto Clase A 12x25x25	uds	₡ 390.00		₡ 390.00
Bloques de Concreto Clase A 12x20x40	uds	₡ 390.00		₡ 390.00
Bloques de Concreto Clase A 15x20x40	uds	₡ 500.00		₡ 500.00
Bloques de Concreto Clase A 20x20x40	uds	₡ 640.00		₡ 640.00
Cemento Fuerte Holcim 50kg	sacos	₡ 5,950.00		₡ 5,950.00
Arena Corriente de Tajo	m3	₡ 16,000.00		₡ 16,000.00
Piedra Gruesa	m3	₡ 21,000.00		₡ 21,000.00
Piedra Quinta de Tajo	m3	₡ 17,000.00		₡ 17,000.00
Plástico Negro 4m de Ancho	m3	₡ 570.00		₡ 570.00

Figura 2. Ejemplo de pestaña de base de datos de precios unitarios de materiales.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Además, dentro de los resultados que brinda el sistema al usuario, se encuentra una lista de materiales, en donde se resumen todos los materiales junto con la cantidad total a requerir por

el proyecto y su respectivo costo. A continuación, se muestra una sección de esta.

LISTA DE MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bloques de Concreto Clase A 10x20x40	uds	76.00	€ 390.00	€ 29,640.00
Bloques de Concreto Clase A 12x25x25	uds	0.00	€ 390.00	€ -
Bloques de Concreto Clase A 12x20x40	uds	0.00	€ 390.00	€ -
Bloques de Concreto Clase A 15x20x40	uds	2250.00	€ 500.00	€ 1,125,000.00
Bloques de Concreto Clase A 20x20x40	uds	0.00	€ 640.00	€ -
Cemento Fuerte Holcim 50kg	sacos	1333.67	€ 5,950.00	€ 7,935,342.16
Arena Corriente de Tajo	m3	77.44	€ 16,000.00	€ 1,239,040.28
Piedra Gruesa	m3	1.00	€ 21,000.00	€ 21,000.00
Piedra Quinta de Tajo	m3	144.75	€ 17,000.00	€ 2,460,818.59
Plástico Negro 4m de Ancho	m3	15.00	€ 570.00	€ 8,550.00

Figura 3. Ejemplo de pestaña "Lista de Materiales".
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Anteriormente, cuando IASA realizaba presupuestos, estos eran muy distintos entre ellos, al no contar con un sistema o plantillas para esta finalidad. La ventaja de contar con un sistema de desarrollo de presupuestos es que se permite estandarizar este proceso para cualquier proyecto que la empresa cotice.

Una vez terminado el sistema de estimación de costos, se procedió a comprobar su validez. Para esto, se realizó, por medio del

sistema, uno de los presupuestos que se desarrollaron al inicio de la práctica profesional. El proyecto es llamado Apartamentos Marisol Blanco e inicialmente se obtuvo un resultado de €114,074,298.72 en un presupuesto que se tardó 6 días hábiles. Posteriormente, utilizando la herramienta, el resultado obtenido fue de €112,427,520.49 con una duración de 1 día. Estos resultados se pueden observar en la siguiente figura.

INGENIEROS ASOCIADOS		PROYECTO: APARTAMENTOS SRA. MARISOL BLANCO.		
Descripción	Costo Según Presupuesto Manual	Costo Según Sistema de Estimación de Costos	Variación(%)	
Obras Preliminares	€ 2,652,200.00	€ 1,289,210.00	51.39%	
Cimentaciones	€ 3,032,177.16	€ 3,206,933.58	-5.76%	
Columnas	€ 2,983,661.32	€ 3,195,265.28	-7.09%	
Mochetas	€ 2,777,108.36	€ 2,993,437.58	-7.79%	
Vigas	€ 3,741,285.59	€ 3,618,257.65	3.29%	
Losas	€ 4,224,203.65	€ 4,586,041.45	-8.57%	
Muros	€ 6,142,374.89	€ 10,145,054.77	-65.17%	
Techo	€ 4,005,300.00	€ 3,592,150.00	10.32%	
Accesos	€ 675,730.00	€ 641,644.47	5.04%	
Detalles en Concreto	€ 411,560.00	€ 441,314.78	-7.23%	
Acabados	€ 13,958,098.25	€ 11,757,159.52	15.77%	
Mobiliario	€ 4,689,000.00	€ 4,689,000.00	0.00%	
Sistema Eléctrico	€ 3,102,000.00			
Sistema Mecánico: Aguas Pluviales	€ 1,669,907.10			
Sistema Mecánico: Aguas Negras	€ 2,809,335.00	€ 6,863,080.00	24.61%	
Sistema Mecánico: Agua Potable	€ 1,172,210.00			
Otros	€ 350,000.00			
Total Materiales	€ 58,396,151.32	€ 57,018,549.08	2.36%	
- Mano de Obra	€ 33,357,175.63	€ 34,331,617.50	-2.92%	
- Equipo y Herramienta	€ 1,200,000.00	€ 1,200,000.00	0.00%	
- Transportes	€ 800,000.00	€ 800,000.00	0.00%	
5% Imprevistos	€ 2,919,807.57	€ 1,874,003.33	35.82%	
Sub Total	€ 96,673,134.51	€ 95,224,169.91	1.50%	
18% Utilidad y Administración	€ 17,401,164.21	€ 17,203,350.58	1.14%	
Costo Total	€ 114,074,298.72	€ 112,427,520.49	1.44%	
Costo por m ² para el Área de 244m ²	€ 467,517.62	€ 460,768.53	1.44%	
DIFERENCIA	-€	1,646,778.23	1.44%	
Tiempo de Estimación de Costos	6días	1días	5días	

Figura 4. Resultados de comparación de ambos métodos de desarrollo de presupuestos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

De esta manera, se logra comprobar que el sistema de estimación de costos obtiene resultados concretos en un menor tiempo.

Finalmente, para asegurar el correcto uso del sistema, se incluye dentro de este informe un manual de uso, el cual se encuentra dividido por tres capítulos.

El primer capítulo consiste en una descripción del sistema y cada una de sus secciones. En el segundo capítulo, se tiene una guía de uso dirigida al usuario que desee desarrollar un presupuesto mediante el sistema. En esta, se explica al usuario cómo utilizar el sistema paso a paso si desea estimar costos para un proyecto o realizar modificaciones en el sistema, tales como agregar actividades o actualizar de precios.

Por último, el tercer capítulo describe cada una de las actividades incluidas en el programa y la información que el usuario debe introducir al sistema al realizar el presupuesto.

Las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas fueron:

1. Actualmente, la constructora IASA no cuenta con un método definido para desarrollar sus presupuestos, haciendo de esta actividad un proceso que depende de la experiencia del presupuestista.
2. Se desarrolló un sistema de estimación de costos en la herramienta Excel, de manera que se ajusta al prototipo de proyectos de IASA. El tipo de proyectos que la empresa suele construir se trata de edificaciones de máximo tres niveles,
3. El sistema de estimación de costos creado cuenta con una sección de precios unitarios de mano de obra y materiales, así como también cuenta con una lista de materiales y una memoria de cálculo de rendimiento de materiales y dosificaciones de concreto.
4. Según la verificación realizada con el edificio de apartamentos, no se obtienen grandes diferencias de costos en los resultados del presupuesto realizado, según ambos métodos, por lo que el sistema creado cumple su objetivo de desarrollar la estimación de costos de manera detallada, pero existe mucha diferencia en cuanto al tiempo invertido,

por lo que el programa gana ventaja en el proceso de desarrollo de presupuestos.

5. El sistema de estimación de costos fue recibido de manera satisfactoria de parte de la empresa, debido a que fue caracterizada como una herramienta rápida y fácil de utilizar.
6. Se recomienda que la constructora IASA realice en un futuro una segunda validación, en donde se considere el costo del proyecto, según el sistema creado y el costo real de la obra.
7. Para disminuir la dependencia del presupuestista en los demás profesionales de la empresa, se recomienda desarrollar una base de datos en donde se especifiquen los porcentajes utilizados para cada rubro del cierre del presupuesto, tales como transporte, equipo y herramientas e imprevistos.
8. Para obtener un presupuesto más preciso, se insta a IASA a realizar mediciones de sus rendimientos dejando el sistema abierto a futuras modificaciones.
9. Se recomienda hacer las actualizaciones necesarias en el sistema para procurar que su funcionamiento continúe siendo útil para la empresa. Esto considerando que las bases de datos fueron creadas con respecto al mercado actual de Costa Rica.
10. Para procurar el correcto uso y funcionamiento del sistema, se recomienda capacitar a los futuros miembros del equipo de trabajo de IASA.

Introducción

Por medio de este proyecto, se pretende diseñar un sistema de presupuesto que llegue a sustituir el método utilizado actualmente en la empresa Ingenieros Consultores Asociados de Cartago, cuyo objetivo principal sería llevar a cabo el proceso de presupuestación de posibles proyectos a los que la empresa pueda llegar a participar.

Inicialmente, es importante llegar a conocer el método utilizado actualmente por IASA e identificar los principales problemas que dicho método presenta para la empresa. Esto con el objetivo de direccionar el sistema de manera que este sea una solución factible a estos problemas.

Actualmente, se conoce que IASA ha presentado pérdida de oportunidades de negocios, debido a que no se cuenta con un sistema definido para realizar presupuestos, lo que lleva a la empresa a invertir largos periodos laborales en esta tarea, a tomar decisiones apresuradas, trabajar bajo presión, o bien, del todo no realizar el presupuesto. Cada uno de estos problemas lleva a consecuencias que IASA debe afrontar con el transcurso del tiempo, ya sea por errores de cálculo o pérdida de proyectos, debido a la deficiencia de los presupuestos a tiempo.

En ambos casos, hay posibilidad de que estos problemas impacten de manera negativa las finanzas de IASA, por ello, se realiza esta iniciativa con la idea de facilitarle a la empresa el proceso de estimación de presupuestos y con ello, elevar la cantidad de proyectos obtenidos.

El objetivo general de esta investigación es desarrollar un sistema que ayude a agilizar el proceso de estimación de costos para el prototipo de proyectos en los que participa la constructora Ingenieros Asociados Consultores de Cartago. Para lograr dicho objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar la situación actual del proceso de estimación de costos de la constructora IASA.
2. Crear una base de datos que indique los precios actuales en el mercado de los recursos necesarios para la estimación de costos del proyecto prototipo de la constructora IASA.
3. Validar el sistema propuesta por medio de la aplicación en proyecto piloto.
4. Desarrollar un manual de uso del sistema de estimación de costos.

Marco teórico

A continuación, se definen términos y conceptos principales utilizados en el presente documento, con el objetivo de facilitar la comprensión y entendimiento de los lectores:

Dirección de proyectos

En el área de la construcción, la organización es un elemento fundamental para lograr obtener los resultados planeados y productos que satisfagan tanto a la parte constructora como al cliente. Para ello, es necesario aplicar técnicas y herramientas que guíen a las organizaciones a ejecutar proyectos exitosos. Dentro de estas herramientas, se cuenta con la guía PMBOK *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, la cual indica una serie de buenas prácticas para lograr el cumplimiento de objetivos de la empresa, satisfacer expectativas, aumentar posibilidades de éxito, entre otros beneficios que una buena dirección de proyectos puede brindar a una constructora.

Inicialmente, es importante mencionar que la Guía PMBOK propone la administración de distintas áreas de conocimiento con el objetivo de facilitar la gestión de proyectos, estas son:

- Gestión de la integración del proyecto.
- Gestión del alcance del proyecto.
- Gestión del cronograma del proyecto.
- Gestión de los costos del proyecto.
- Gestión de la calidad del proyecto.
- Gestión de los recursos del proyecto.
- Gestión de las comunicaciones del proyecto.
- Gestión de los riesgos de proyecto.
- Gestión de las adquisiciones del proyecto.
- Gestión de los interesados del proyecto.

Gestión de costos

Debido al interés de este proyecto, se dará mayor énfasis en el área de conocimiento relacionado con la gestión de costos, pues dentro de esta se incluyen los procesos involucrados en planificar, estimar, financiar y presupuestar los costos, de manera que estos sean los suficientes para lograr obtener el proyecto y los alcances definidos de manera exitosa.

Para llevar a cabo la gestión de proyectos, la Guía del PMBOK (2017) recomienda considerar los siguientes procesos:

- **Planificar la gestión de costos:** consiste en identificar la manera en que se llevará a cabo la estimación de costos, los presupuestos, el monitoreo y el control de costos de la obra.
- **Estimar los costos:** es el proceso de obtener un costo aproximado de todos los recursos monetarios necesarios para completar el proyecto.
- **Determinar el presupuesto:** en este proceso se obtienen los costos estimados para cada actividad con el fin de obtener un costo autorizado.
- **Controlar los costos:** se refiere al monitoreo del estado del proyecto con respecto a los costos, dentro de este proceso se realizan actualizaciones de costos y la gestión de cambios de la línea base de costos autorizada durante la etapa de presupuestos.

Estimación de costos

La estimación de costos es el principal objetivo del programa por desarrollar en el presente trabajo, este concepto es definido por PMBOK (2017) como "...una predicción basada sobre la información disponible en un momento determinado". Además de esto, indica que la estimación de costos consiste en asignar el costo de cada recurso necesario a lo largo del proyecto, tal como el personal, materiales, equipo, herramientas, instalaciones, entre otros. Esta estimación puede realizarse de manera resumida o detallada según se prefiera.

De igual manera, según el PMI (2017), en cada proyecto, ya sea constructivo o no, es importante considerar que se tendrán elementos de entrada y elementos de salida, además de herramientas y técnicas utilizadas para pasar de uno a otro.

En la estimación de costos, se recomienda considerar algunas entradas como:

1. Plan para la dirección del proyecto, en este caso se trata de planes de gestión de costos y gestión de calidad.
2. Documentos del proyecto, tales como registros de lecciones aprendidas, recursos, riesgos y cronogramas.
3. Factores ambientales de la empresa.
4. Activos de los procesos de la organización.

Además de ello, dentro de las técnicas y herramientas se destacan las siguientes:

- **Juicio de expertos:** se trata de utilizar la experiencia de los individuos o grupos involucrados en la estimación para obtener la estimación de costos de una obra.
- **Estimación análoga:** consiste en utilizar proyectos anteriores, similares al proyecto actual, con el fin de tomar algunos valores o atributos (alcance, costo o duración, por ejemplo) como base para estimar estos mismos parámetros para el proyecto actual.
- **Estimación paramétrica:** se considera una técnica con altos niveles de exactitud, pues utiliza relaciones

estadísticas de datos históricos de la empresa para calcular el costo de un proyecto a realizar.

- **Estimación ascendente:** en esta técnica se intenta detallar lo máximo posible el costo de cada tarea, de manera que se irá acumulando para cada nivel o actividad hasta obtener el costo total de la obra. La estimación ascendente depende directamente del detalle que se le dé a las actividades, pues la magnitud de estas influyen directamente con el costo.
- **Estimación por tres valores:** como su nombre lo indica, esta técnica utiliza tres valores:
 - **cM:** estimando el costo de la actividad sobre la base de una evaluación de los esfuerzos que se llevará a cabo para realizar la actividad y los gastos previstos.
 - **cO:** el costo se estima analizando la actividad desde el mejor escenario posible.
 - **cP:** el costo se estima analizando la actividad desde el peor escenario posible.

Ya con ello se obtiene una estimación siguiendo alguna de las siguientes relaciones:

- **Distribución triangular:** el costo es un promedio de los tres valores.
- **Distribución beta:** la estimación del costo se obtiene con la ecuación $(4 cM + cO + cP) / 6$
- **Análisis de datos:** se basa en una serie de análisis para obtener la estimación de costos, para ello se realiza:
 - Análisis de alternativas u opciones identificadas para llevar a cabo un proyecto. Se evalúan los impactos de los costos, cronogramas, recursos y calidad.
 - Análisis de reserva para contingencias, tales como presupuestos dentro de la línea base de costos que suele destinarse a riesgos identificados. Cuanta más información precisa se tenga del proyecto, hay más posibilidad de que esta reserva se

vaya disminuyendo o se elimine del todo.

- Análisis del impacto de la calidad en el costo del proyecto.
- **Sistema de información para la dirección de proyectos:** este proporciona acceso a herramientas de software, sistemas de gestión y recopilación de información con el objetivo de que el usuario tenga conocimiento a datos que pueden ser utilizados como base para la estimación de costos.
- **Toma de decisiones:** es una herramienta utilizada para involucrar a varios miembros del equipo de trabajo en el proceso de estimación de costos, de manera que todos aportan de su conocimiento y se puede mejorar la exactitud.

Con ello, al utilizar una o más de estas técnicas, se logran los siguientes resultados:

1. Estimaciones de costos.
2. Base de las estimaciones.
3. Actualización de registros de lecciones aprendidas y registro de riesgos.

Determinación del presupuesto

Posterior a la estimación de costos, se procede a sumar estos y establecer una línea base de costos, la cual, una vez autorizada será monitoreada y controlada durante la ejecución de la obra para llevar a cabo un control de costos.

Actualmente, en la constructora IASA no se cuenta con una herramienta definida para este proceso, por lo que se pretende incluir un sistema que logre agilizar la estimación de costos mediante la técnica de estimación ascendente, por lo que es importante definir los siguientes conceptos:

- **Proyecto:** según el PMI (2017), este se define como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.
- **Presupuesto:** estimación aprobada para el proyecto o cualquier actividad del cronograma (PMI, 2017).

- **Costos directos:** se refiere a todos aquellos costos que serán atribuidos de manera directa a cada proyecto. Según Cohen y Franco (1988), estos son los que se afrontan para adquirir los insumos necesarios para la generación de los bienes o servicios que constituyen los productos del proyecto.
- **Costos indirectos:** los autores Cohen, y Franco (1988) los definen como insumos no visibles para la generación de un producto del proyecto, pero que constituyen el soporte que permite su implementación.
- **Imprevistos:** porcentaje del monto total del presupuesto que será utilizado en caso de existir errores, omisiones, condiciones inesperadas y cualquier tipo de situaciones fortuitas e inherentes a la naturaleza del proyecto (Chamoun, 2002).
- **Utilidad:** beneficio o provecho que se obtiene al realizar el trabajo. Se obtiene por medio de un porcentaje definido por cada empresa constructora.
- **Gastos administrativos:** se trata de los gastos que conlleva la administración del proyecto, es uno de los costos directos que se deben considerar en el presupuesto y se obtiene por medio de un porcentaje definido por la empresa constructora.
- **Administración de la obra:** según Chamoun (2002), se trata de la aplicación de técnicas y herramientas que conllevan al éxito de un proyecto, para ello, se recomienda mantener un equilibrio entre alcance-tiempo-costo, sin dejar de lado las otras 6 áreas involucradas para una administración exitosa:
 - Calidad.
 - Recursos humanos.
 - Comunicación.
 - Riesgo.
 - Abastecimiento.
 - Integración.
- **Alcance:** son todas las obras por considerar dentro del presupuesto. El PMI (2017) indica que el alcance se elabora progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Define qué será realizado por empresa constructora y qué no.

- **Estructura de Desglose del Trabajo (EDT):** es una técnica utilizada para la delimitación del alcance de los proyectos. Según el PMI (2017), consiste en subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeñas y fáciles de manejar. Chamoun (2002) indica que estas componentes más pequeñas deben tener un nivel de control en el que cada una pueda ser asignada a una persona o responsable, programado, costado y monitoreado. Esta herramienta se considera como la base de un presupuesto, debido a que todo el trabajo incluido en esta es parte integral del alcance del proyecto, es decir, todo aquello que no se considere en la EDT no será parte del proyecto.
- **Rendimiento:** es la relación existente entre un resultado obtenido con el trabajo efectuado o material invertido. Botero (2002) define el rendimiento de mano de obra como "...la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla y que suele expresarse como um/hH (Unidad de medida de la actividad por hora Hombre)". Sin embargo, este no es el único rendimiento existente en los proyectos de construcción, esta definición puede adaptarse al rendimiento de materiales, siendo este la cantidad de obra que se logra ejecutar con cierta cantidad de material.
- **Subcontratos:** se trata de la contratación de un profesional o empresa, basándose en el poder adquirido por la firma de un contrato base. El subcontratista realiza un trabajo de manera total o parcial para un tercero.
- **Equipo y herramienta:** máquinas y herramientas utilizadas en los proyectos de construcción para ejecutar alguna tarea o actividad. El costo de este rubro se obtiene de un porcentaje del total de materiales.

Metodología

En este apartado, se detalla la secuencia de las actividades y procedimientos empleados para el desarrollo de este trabajo y el cumplimiento de los objetivos.

Estudio de la situación actual de la constructora IASA

Inicialmente, para comprender la situación actual se realizó una reunión con el Ingeniero Director de Proyectos, el Sr. Harold Miranda Sandoval, en la cual se trataron los siguientes temas:

- El método actual para la estimación de costos.
- Encargados de la estimación costos.
- Desventajas del método utilizado para la estimación de costos.
- Tipo de proyectos que la empresa IASA suele construir.

A partir de esta reunión, se propone limitar el sistema de estimación de costos a edificaciones de máximo tres niveles, adaptándose así a los proyectos en los que IASA se ha involucrado en los últimos años.

Posterior a esto, con el objetivo de involucrarse y tener una mejor comprensión de la situación actual de IASA, se trabajó los primeros meses de práctica profesional, realizando presupuestos de varios proyectos y siguiendo los métodos y técnicas que han estado utilizando durante los últimos años, esto con el fin de analizar las posibles debilidades y fortalezas que tiene la constructora en relación.

Por otro lado, fue necesario estudiar las buenas prácticas recomendadas por la guía *Project Management Book of Knowledge* (PMBOK), con el fin de realizar un análisis de brechas que muestre cuál sería el desempeño esperado, según la teoría contra el desempeño que se está teniendo realmente.

Por último, dentro de lo que es un “estudio previo” de la empresa constructora se identificaron algunos datos de estimación de

costos, como la manera en la que IASA suele realizar el cierre de sus presupuestos, porcentajes de imprevistos, utilidad y administración utilizados, entre otros aspectos importantes para definir la mejor estructura de presupuesto que se adapte a los empleados y a la constructora en sí.

Desarrollo del programa de estimación de costos

Para desarrollar el sistema de estimación de costos, se comenzó definiendo un listado de actividades constructivas, tales como obras preliminares, construcción de cimientos, construcción de columnas, entre otras que toman lugar en edificaciones de tres niveles. Este se realiza tomando como referencia los proyectos presupuestados en el transcurso de la práctica profesional y sugerencias dadas por el Coordinador de Proyectos, el Sr. Bernal Coghi, y el Ingeniero Director de Proyectos. La finalidad de este listado es definir todas aquellas actividades que puedan estar involucradas en un proyecto a construir por IASA y realizar con esto una EDT sobre estas actividades y sus recursos.

Además de esto, al ser este un sistema dirigido a todos los empleados de IASA, incluyendo a los de menor experiencia en campo, se plantearon diagramas de flujo que faciliten el proceso de estimación de costos por medio de una mejor interpretación del sistema constructivo utilizado por la empresa.

Ya con ello, se procede a crear la EDT mencionada anteriormente, es importante destacar que se seleccionó la herramienta Excel para realizar el programa, debido a que puede llegar a beneficiar a la empresa y a sus empleados, al ser una herramienta sencilla y de bajo costo. Ahora bien, la EDT creada consiste en varias hojas de cálculo en donde cada una de ellas refiere a un elemento constructivo (cimientos, columnas, muros, divisiones livianas, entre otros).

Al ser una hoja de cálculo, el usuario solamente tendría que indicar valores básicos, tales como dimensiones, cantidades y tipo de refuerzo para obtener cantidad de materiales, equipo, herramienta, transporte, mano de obra y costos en general. Una vez realizados estos cálculos, en una nueva hoja de cálculo se realiza una sumatoria para cada actividad seleccionada, teniendo con ello el costo total de la obra, sin el porcentaje de utilidad, administración y gastos administrativos. Estos ítems mencionados anteriormente se calculan a la hora de realizar el cierre del proyecto.

Como un producto extra del sistema, se incluyó también una plantilla en donde se puede ir realizando la oferta de la constructora al cliente.

Creación de base de datos de precios unitarios

Se realizó un listado de materiales a utilizar tomando como base la EDT realizada anteriormente, en donde se definen los recursos necesarios para cada actividad. Una vez realizada esta lista en el mismo programa de Excel, se asignan los precios a cada recurso de manera manual, esto último principalmente con el objetivo de que, más adelante, los futuros empleados de IASA pueden modificar precios, según sea el mercado de Costa Rica

La creación de esta base de datos se realiza de manera simultánea con el programa de estimación de costos, esto con el fin de que ambos se complementen y el sistema creado logre brindar el costo a un tarea, actividad o proyecto constructivo, según sea la necesidad de IASA.

Validación del sistema de estimación de costos

Para validar el sistema creado y asegurar que los resultados obtenidos son confiables, se hicieron comparaciones entre los presupuestos realizados en la etapa inicial de estudio de la situación actual de la empresa y los presupuestos obtenidos con el programa. Esta comparación tiene como objetivo identificar posibles errores del programa y captar las diferencias que se puede tener de un sistema detallado contra uno no tan detallado cómo el que se utiliza actualmente.

A pesar de ello, al tener que los presupuestos realizados inicialmente en la empresa no son de obras ya construidas, se propuso también una comparación extra con un presupuesto de años anteriores, la finalidad de esto sería obtener una comparación de ambos métodos de estimación de costos realizados y, a su vez, realizar un análisis con lo que realmente costó la construcción de esa obra.

Desarrollo del manual de uso

Uno de los propósitos de crear un sistema que solicite la cantidad mínima de información es que sea de uso sencillo para cualquier persona que conozca sobre el proceso constructivo de una obra, por ello, se creó un manual de uso que funcione como guía para los usuarios de la constructora IASA paso por paso, dependiendo de la acción que deseen realizar con el programa, ya sea hacer un presupuesto, cambiar algún valor de las bases de datos, actualizar precios, entre otros.

Resultados

Situación actual de la constructora IASA

Ingenieros Consultores Asociados de Cartago S.A. es una empresa constructora que posee muchos años de experiencia y gran cantidad de trabajos exitosos desde su creación, sin embargo, con el transcurso del tiempo, ha ido perdiendo actualización en algunas áreas, entre ellas la estimación de costos.

Como se mencionó anteriormente, el PMI (2017) recomienda la consideración de elementos de entrada y la aplicación de técnicas y herramientas que culminen con la obtención la estimación de costos, la base de las estimaciones y la actualización de registros de lecciones aprendidas. Sin embargo, en la realidad, no sucede de esta manera. En la reunión realizada a finales del año 2019 con el Ing. Harold Miranda, Director de Proyectos de la constructora IASA, se menciona la falta de un sistema o un proceso de estimación de costos definido, por lo que no se contemplan estas entradas y salidas a la hora de presupuestar una obra.

De igual manera, esta información fue verificada en el transcurso de la práctica profesional, en donde, para realizar los presupuestos de IASA, se depende de varios factores, entre ellos la experiencia del presupuestista, pues, al no contar con bases de datos de precios, por ejemplo, depende de este definir un precio adecuado o recurrir al juicio de otros expertos para poder definir el costo de alguna actividad.

Por otro lado, al no contar con un sistema definido, cada vez que se realiza un presupuesto es necesario iniciar una nueva hoja de cálculo o realizar los cálculos manualmente, lo que produce retrasos en el tiempo de entrega de dichos presupuestos. Esta problemática afecta la

relación que se tiene con el cliente, puesto que alarga mucho el tiempo de espera para saber el costo de su proyecto llegando, incluso, a perder esta oportunidad comercial.

Como se mencionó anteriormente, durante la práctica profesional se realizaron varios presupuestos los cuales se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Presupuestos realizados		
Proyecto	Descripción	Duración
Aptos. Marisol Blanco	Edificación de dos niveles. Área de construcción: 244m ²	6 días
Residencia Fam. Rodríguez Cordero	Ampliación de segundo nivel. Área de ampliación: 83m ²	9 días
Residencia Sra. Isabel Moya	Edificación de dos niveles. Área de construcción: 105m ²	5 días
Residencia Sr. Ricardo Díaz	Edificación de tres niveles. Área de construcción: 504m ²	7 días
Centro Diurno Esperanza del Zurqui	Edificación de un nivel. Área de construcción: 215m ²	10 días
Restaurante Los Chespiritros	Losa de tanques y muro de contención Área de construcción: 17m ²	1 día
	Bodega de 1 nivel Área de construcción: 32m ²	1 día
	Techado de estacionamientos Área de Construcción: 99m ²	2 días

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Ahora bien, es importante destacar que se tiene la existencia de un sistema de presupuestos creado por el Ing. Juan Carlos Coghi para la estimación de costos de casas de un nivel, sin embargo, este sistema no es utilizado por la empresa, ya que se limita a edificaciones de un nivel y el personal de IASA no está completamente capacitado para su uso, por lo que realizan de este proceso una tarea tediosa.

Entonces, ¿cómo se obtiene la estimación de costos en IASA? Inicialmente, se estudian los documentos básicos, tales como planos catastro, planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos y mecánicos con el objetivo de obtener cantidad de materiales para cada elemento constructivo. En este punto, es importante destacar que estos cálculos deben realizarse en una hoja de cálculo nueva, como se explicó anteriormente, o bien, de manera manual, ya que no se tienen ninguna plantilla para esta tarea.

Posteriormente, se obtiene el costo de cada uno de estos materiales para definir, con la sumatoria de estos, el costo de la actividad en total, por ejemplo, el costo de un muro de mampostería depende del costo de los bloques, varillas, mortero, alambre negro, codales, repellos, pintura, entre otros materiales a definir según el acabado de esta pared. Esta tarea se realiza siguiendo la técnica de juicio de expertos.

Una vez definida la cantidad y costo de los materiales, se procede a obtener un aproximado para el costo de la mano de obra. Para obtener un presupuesto detallado que se aproxime lo máximo posible al verdadero valor de la obra, es importante utilizar los rendimientos de la mano de obra y ajustarlos al presupuesto. Sin embargo, este no es el caso de IASA, pues no cuenta con los rendimientos de sus cuadrillas, llevando la estimación de costos de mano de obra, nuevamente, según juicio de expertos.

Tras definir el costo de la mano de obra se obtienen sus respectivas cargas sociales, las

cuales representan un 52 % del monto de la mano de obra y los costos indirectos, tales como imprevistos, transportes, equipo y herramienta. Todos estos, generalmente, se obtienen por medio de un porcentaje a definir por el ingeniero y representante de IASA basado en la ubicación y magnitud de la obra, sin embargo, suele utilizarse la siguiente estructura de costos.

Cuadro 2. Estructura de costos de IASA	
Imprevistos	3 %-5 %
Transporte	3 %-5 %
Equipo y herramienta	3 %-5 %
Utilidad y administración	18 %-20 %

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Por último, se obtiene un subtotal con todos los rubros mencionados, a este se le aplica un porcentaje de utilidad y administración, el cual toma un valor según el rango mostrado en el cuadro 2, resultando finalmente en un gran total del costo de la obra sin considerar el Impuesto de Valor Agregado (IVA) y los trámites respectivos para la obtención de permisos de construcción y municipales.

El proceso de estimación de costos de IASA no es equivocado o erróneo, sin embargo, no es ideal para las empresas constructoras actuales, al requerir tanto tiempo y atención exclusiva por parte de varios profesionales de la empresa. Por ello, en el siguiente cuadro, se obtiene un análisis de brechas que detalla un proceso adecuado contra el proceso realizado actualmente en IASA.

Cuadro 3. Análisis de brechas de la estimación de costos de IASA				
Área de conocimiento	Proceso	Situación ideal	Situación actual	Brecha
Estimación de costos	Plan para la dirección del proyecto	Contar con un plan de gestión de costos.	Se cuenta con un plan de gestión de costos, sin embargo, no se utiliza.	Falta de uso del plan de gestión de costos.
		Contar con un plan de gestión de calidad.	No se cuenta con ningún plan de gestión de calidad dentro de la empresa.	No se cuenta con un plan de gestión de calidad.
		Definir la línea base del alcance.	La línea base del alcance es definida por planos y especificaciones de cliente.	No hay brecha.
	Documentación del proyecto	Registro de lecciones aprendidas.	No se cuenta con ningún registro existente de lecciones aprendidas, en su lugar, se utiliza el juicio de expertos para la toma de decisiones.	No existen registros físicos o digitales de lecciones aprendidas.
		Cronogramas de proyecto.	No se realizan cronogramas para los proyectos, para ello, se determina la duración de la obra basado en la experiencia del ingeniero o coordinador de proyectos.	No se realizan cronogramas de proyecto.
		Definir los recursos a necesitar.	Se definen los recursos a necesitar, basándose en planos y documentos del proyecto.	No hay brecha.
		Registro de riesgos.	No se cuenta con ningún registro existente de riesgos, en su lugar, se utiliza el juicio de expertos para la toma de decisiones.	No existen registros físicos o digitales de riesgos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 3. Continuación de análisis de brechas de la estimación de costos de IASA.

Área de conocimiento	Proceso	Situación ideal	Situación actual	Brecha
Estimación de costos	Definir factores ambientales de la empresa	Estudiar las condiciones del mercado tales como disponibilidad de productos, servicios o proveedores.	El estudio de las condiciones del mercado se realiza una vez obtenidos los recursos y materiales a necesitar, básicamente se utilizan bases de datos de ferreterías en líneas como Construplaza, El Lagar y EPA, para definir el costo de algunos materiales, aquellos que no tengan un costo definido en estas bases de datos son definidos por experiencia del ingeniero o encargado de proveeduría.	No hay brecha.
		Estudiar a información comercial de dominio público, tales como los costos de materiales y equipos disponibles en bases de datos comerciales.	Debido a que IASA suele limitarse a proyectos de edificaciones menores a 5 niveles, no se realiza un estudio de las tasas de cambio e inflación, pues sus proyectos suelen tener una duración de 3 a 6 meses.	Falta de estudio de tasas de cambio e inflación.
		Estudiar las tasas de cambio e inflación si el proyecto es de gran escala y existe la posibilidad de que se extienda por varios años.	Actualmente, no se cuentan con políticas, plantillas o un repositorio existente de lecciones aprendidas, todo lo necesario para realizar un presupuesto en IASA depende de los profesionales con mayor experiencia en la empresa.	Falta de especificación de las políticas de estimación de costos.
	Definir los activos de los procesos de la organización	Conocer las políticas de estimación de costos.	No existen plantillas de estimación de costos.	No existen registros de lecciones aprendidas.
		Utilizar las plantillas de estimación de costos.		
		Estudiar la información histórica y el repositorio de lecciones aprendidas.		

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 3. Continuación de análisis de brechas de la estimación de costos de IASA.				
Área de conocimiento	Proceso	Situación ideal	Situación actual	Brecha
Estimación de costos	Estimación de costos	Juicio de expertos.	Para realizar la estimación de costos, se utiliza la técnica de estimación ascendente junto con el juicio de expertos y votación para la toma de decisiones cuando es necesario. Esto ayuda a tener un presupuesto detallado que puede aproximarse lo máximo posible al costo real de a obra.	No hay brecha.
		Estimación análoga.		
		Estimación paramétrica.		
		Estimación ascendente.		
		Estimación basada en tres valores.		
		Análisis de datos.		
		Sistema de información para la dirección de proyectos.		
		Votación para la toma de decisiones.		
	Resultados de la estimación de costos	Estimación de costos ya sea resumida o detallada.	Se obtiene un presupuesto, generalmente detallado, pero con costos obtenidos por experiencia y "tanteo" en algunos casos.	No hay brecha.
		Obtención de la base de las estimaciones	No se obtiene ninguna base de las estimaciones debido a que no existen documentos reales que respalden la estimación de costos ya que la mayoría de este proceso fue realizado basándose en el juicio de expertos.	No se cuenta con una línea base de estimaciones.
Actualización de los documentos del proyecto.		No se actualizan los documentos del proyecto debido a que no se cuenta con estos (registro de lecciones aprendidas, riesgos, etc.).	No existen registros.	

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Programa de cálculo de costos para elementos constructivos

Para dar comienzo con el programa de cálculo de costos, fue necesario tomar como base los presupuestos mostrados en el cuadro 1, esto con el objetivo de definir los elementos constructivos que deben considerarse en el sistema. Una vez analizados las estructuras, sistemas, acabados y demás rubros considerados para obtener estos presupuestos, se redacta el siguiente listado de actividades a incluir en el programa:

Cuadro 4. Listado de actividades	
Actividades	Tareas
Obras preliminares	Limpieza de capa vegetal.
	Movimiento de tierras.
	Construcción de bodega.
	Cerramiento perimetral.
	Trazado.
Cimentaciones	Excavación.
	Colocación de sello de concreto.
	Colocación de la armadura.
	Colocación de concreto.
Losa de contrapiso	Colocación de lastre compactado.
	Colocación de formaleta perimetral.
	Colocación de malla electrosoldada.
	Colocación de concreto.
Muros de mampostería	Colocación de bloques de concreto.
	Colocación de refuerzo horizontal y vertical.
	Relleno de celdas enterradas y celdas con refuerzo.
	Sisado, repello, enchape de paredes según acabado.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 4. Continuación del listado de actividades	
Actividades	Tareas
Muros de concreto	Colocación de formaletas.
	Colocación de refuerzo horizontal y vertical.
	Colocación de concreto.
	Repello o enchape de paredes según acabado.
Mochetas de concreto	Colocación de formaletas.
	Colocación de refuerzo horizontal y vertical.
	Colocación de concreto.
	Desencofrado.
Columnas de concreto	Repello o enchape de mochetas según acabado.
	Colocación de formaletas.
	Colocación de refuerzo horizontal y vertical.
	Colocación de concreto.
Vigas (banquina, cargador, corona, entrepiso, tapichel)	Desencofrado.
	Repello o enchape de columna según acabado.
	Colocación de formaletas.
	Colocación de refuerzo longitudinal y aros.
Entrepiso liviano fibrocemento	Colocación de concreto.
	Desencofrado.
	Colocación de estructura de acero.
	Instalación de láminas de fibrocemento.
Entrepiso metaldeck	Colocación de cinta antivibración.
	Colocación de estructura de acero.
	Instalación de láminas metaldeck.
	Colocación de formaleta perimetral.
	Colocación de concreto.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 4. Continuación del listado de actividades	
Actividades	Tareas
Módulo de gradas	Colocación de formaleta.
	Colocación de armadura de los escalones y refuerzo general.
	Colocación del concreto.
	Desencofrado.
	Acabado de escalones y barandas.
Techos	Construcción de la estructura de techos (cerchas, clavadores, largueros).
	Instalación de cubierta de techo.
	Instalación de hojalatería y bajantes pluviales.
	Acabado de estructura con minio y pintura de aluminio.
Paredes livianas	Instalación de estructura metálica.
	Instalación de láminas (gypsum regular, gypsum mr, gypsum moldtough, densglass, durock).
	Empastado, pintura o enchape según acabado.
Paredes de baldosas	Excavación para columnas.
	Colocación de sello de concreto.
	Colocación de columnas de concreto prefabricadas.
	Colocación de baldosas de concreto prefabricadas.
	Empastado, pintura o enchape según acabado.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 4. Continuación del listado de actividades	
Actividades	Tareas
Instalación de cielos, aleros, cenefas y precintas	Instalación de estructura metálica.
	Instalación de láminas (gypsum regular, gypsum mr, gypsum moldtough, densglass, durock) o tablillas.
	Empastado o pintura según acabado.
Instalación de enchapes y pisos	Corte de piezas.
	Colocación del mortero de pega.
	Instalación de la cerámica, porcelanato o terrazo.
	Fraguado.
Instalación de mobiliario	Instalación de puertas.
	Colocación de muebles de cocina.
	Colocación de closets.
	Colocación de muebles de lavatorio.
	Instalación de duchas, servicios sanitarios, lavatorios, pilas y fregaderos.
Construcción de aceras	Instalación de rodapié.
	Colocación de lastre compactado.
	Colocación de formaleta perimetral.
	Colocación de malla electrosoldada.
	Colocación de concreto.
	Desencofrado.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 4. Continuación del listado de actividades.	
Construcción de tapia perimetral	Colocación de bloques de concreto.
	Colocación de refuerzo horizontal y vertical.
	Relleno de celdas enterradas y celdas con refuerzo.
	Sisado, repello, enchape de paredes según acabado.
Obras exteriores	Jardinería.
	Cerramiento con enrejado y portones.
Sistema eléctrico	Luminarias.
	Tomacorrientes.
	Cableado.
	Tubos, codos y cajas.
	Tableros.
	Medidor.
Sistema mecánico: pluvial	Interruptor principal.
	Instalación de canoa.
	Colocación de bajantes.
	Construcción de cajas de registro pluvial.
Sistema mecánico: aguas negras	Instalación de tuberías de evacuación pluvial.
	Excavación para tuberías.
	Construcción de cajas de registro.
	Construcción de tanque séptico.
	Construcción de drenaje.
Sistema mecánico: agua potable	Colocación de tuberías de aguas negras y ventilación.
	Instalación de tanque de agua potable (si aplica).
	Instalación de tanque de agua caliente (si aplica).
	Colocación de tuberías.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 4. Listado de actividades subcontratadas por IASA.	
Subcontratos	Entrepiso pretensado.
	Ventanería.
	Portones corredizos motorizados.
	Cielos suspendidos.
	Tanque séptico de marca MT.
	Adoquinado.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Una vez definidas las actividades a implementar en el sistema de cálculo, es necesario conocer el proceso constructivo de cada una de estas con el objetivo de detallar los recursos que están involucrados en cada actividad. Para ello, fue necesario consultar manuales de instalación y acudir al juicio de expertos sobre el proceso que IASA suele realizar en cada actividad, teniendo como resultado los siguientes diagramas de flujo:

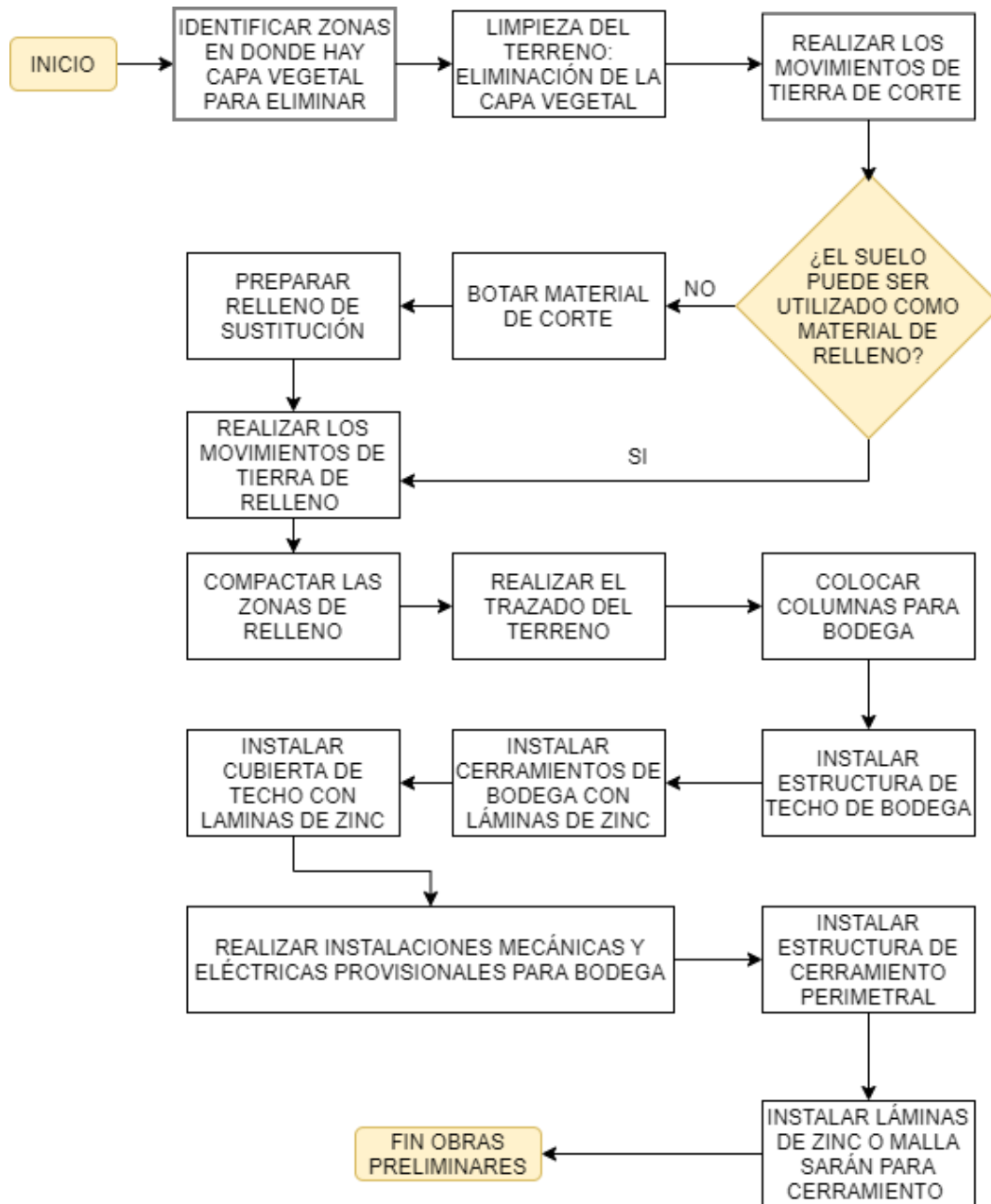


Figura 5. Diagrama de flujo de la actividad: Obras Preliminares
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

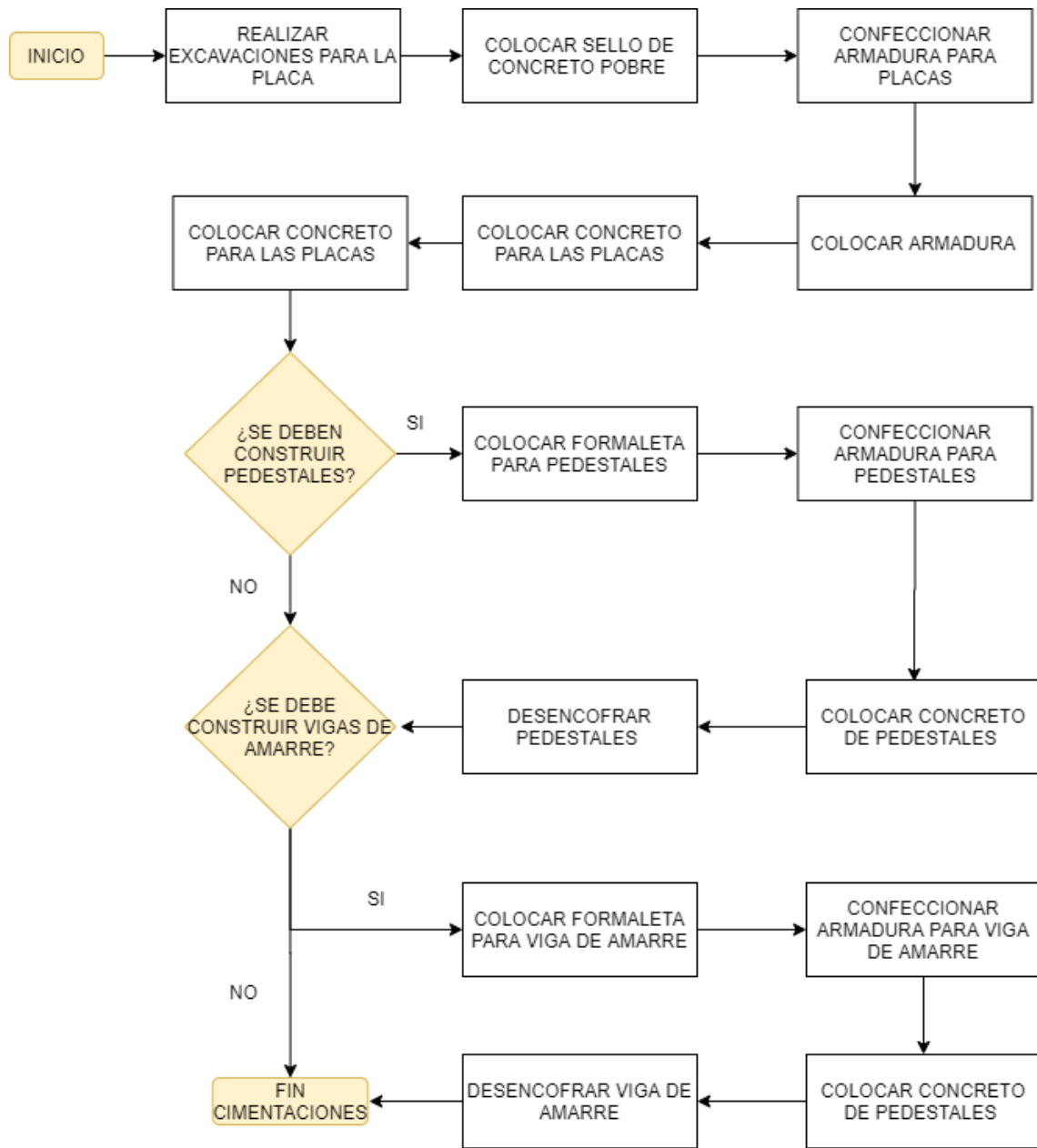


Figura 6. Diagrama de flujo de la actividad: Cimentaciones.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

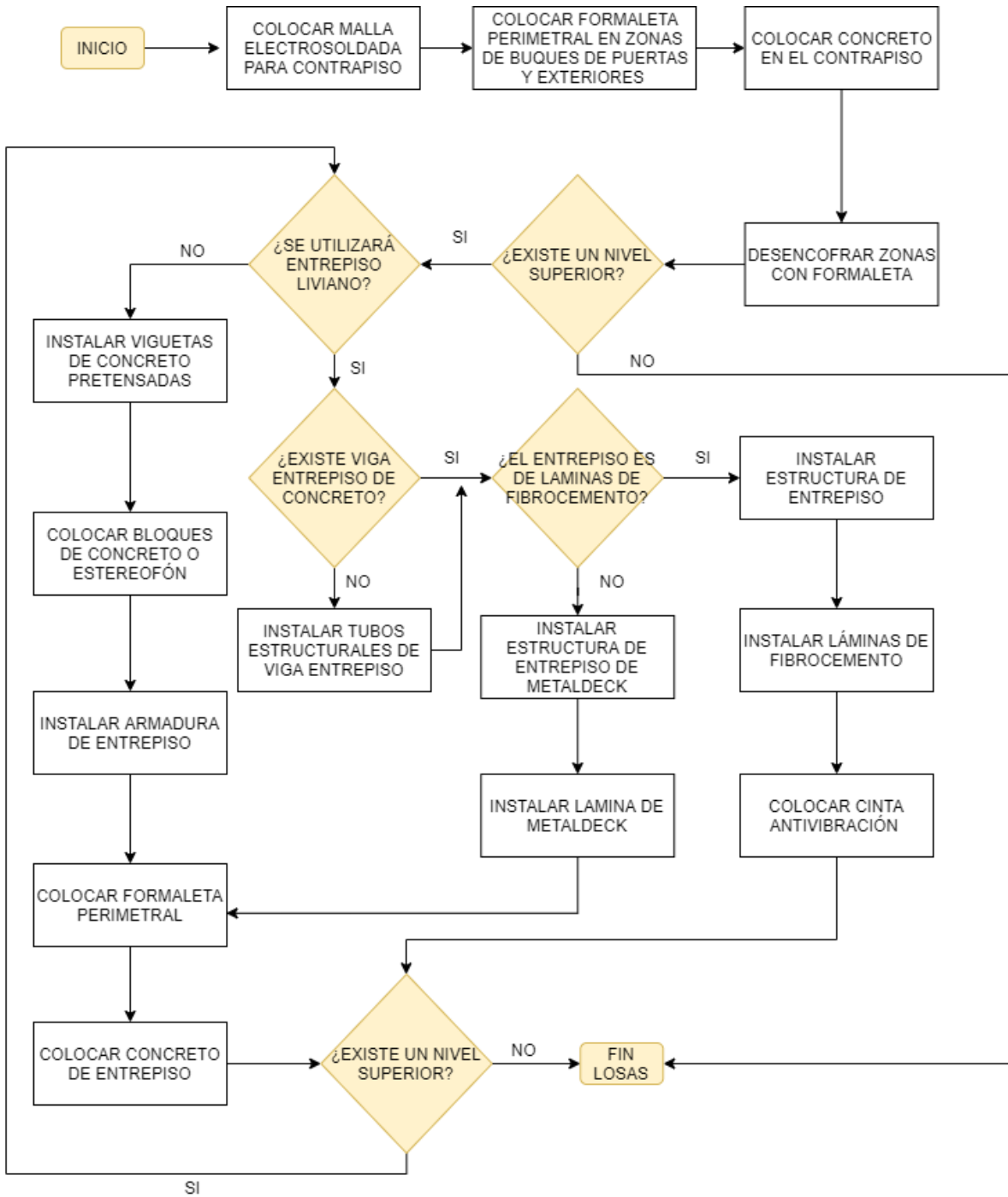


Figura 7. Diagrama de flujo de la actividad: Losas de Contrapiso y Entrepiso.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

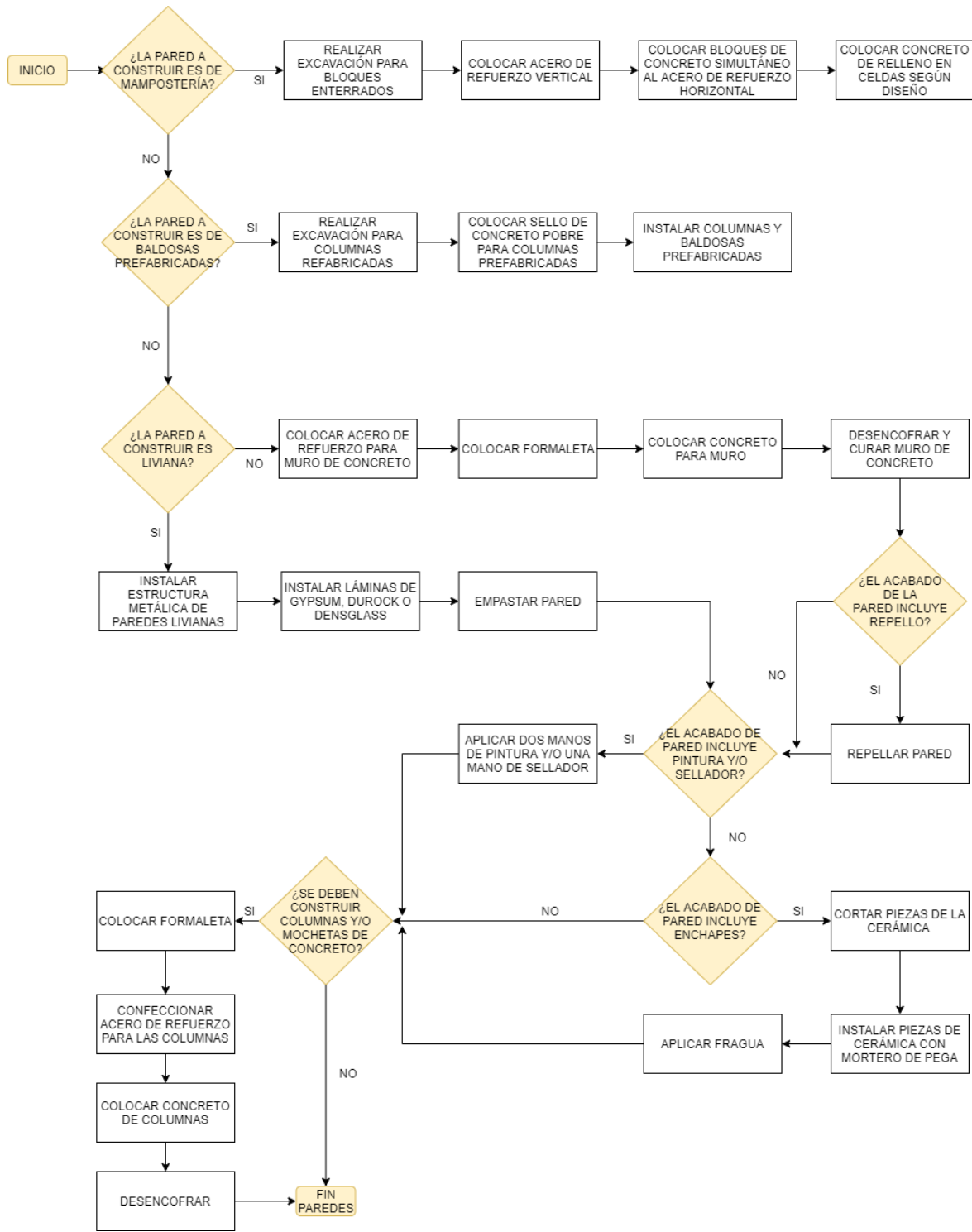


Figura 8. Diagrama de flujo de la actividad: Paredes y Tapias. Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

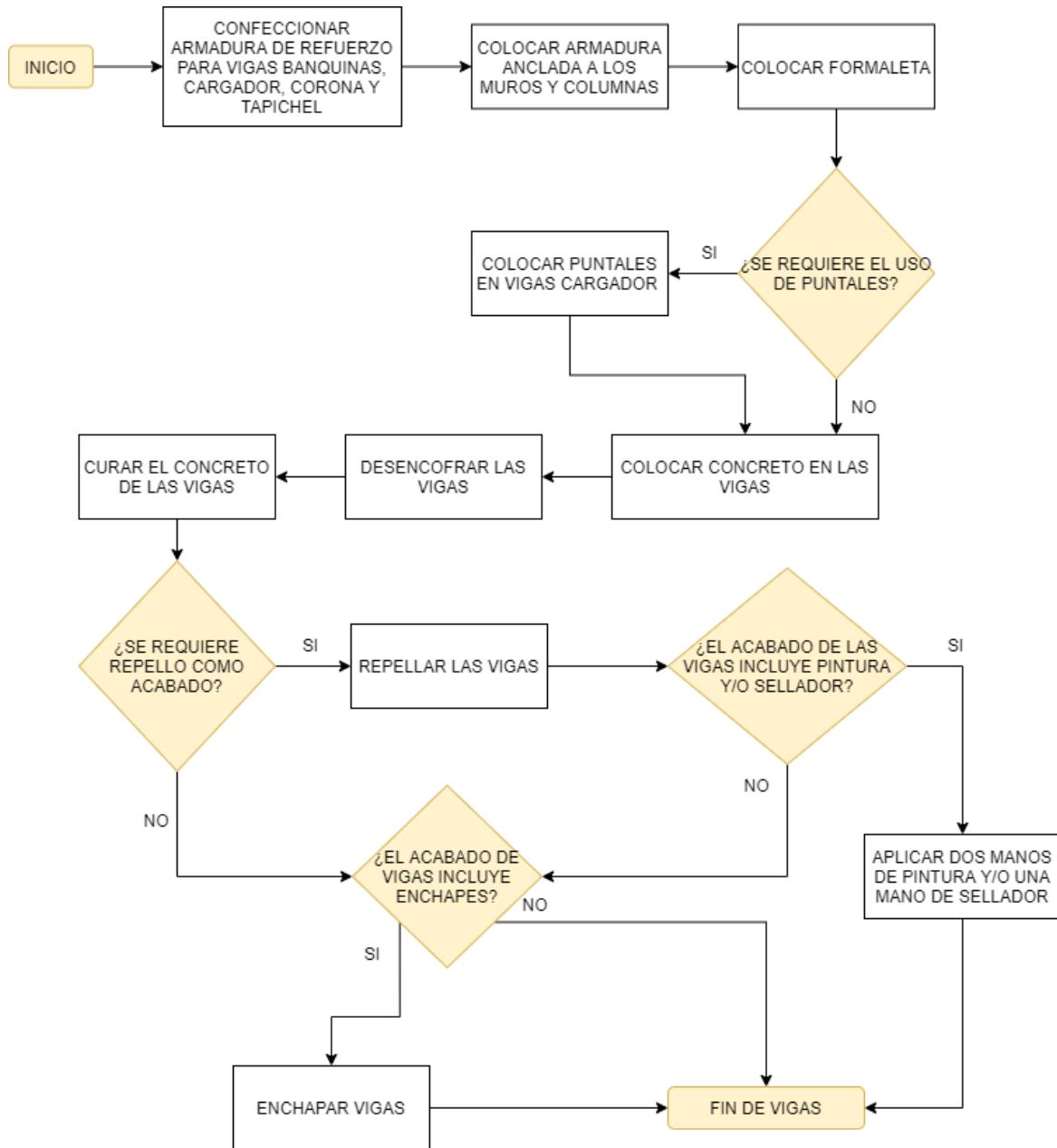


Figura 9. Diagrama de flujo de la actividad: Vigas Banquina, Cargador, Corona y Tapichel.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

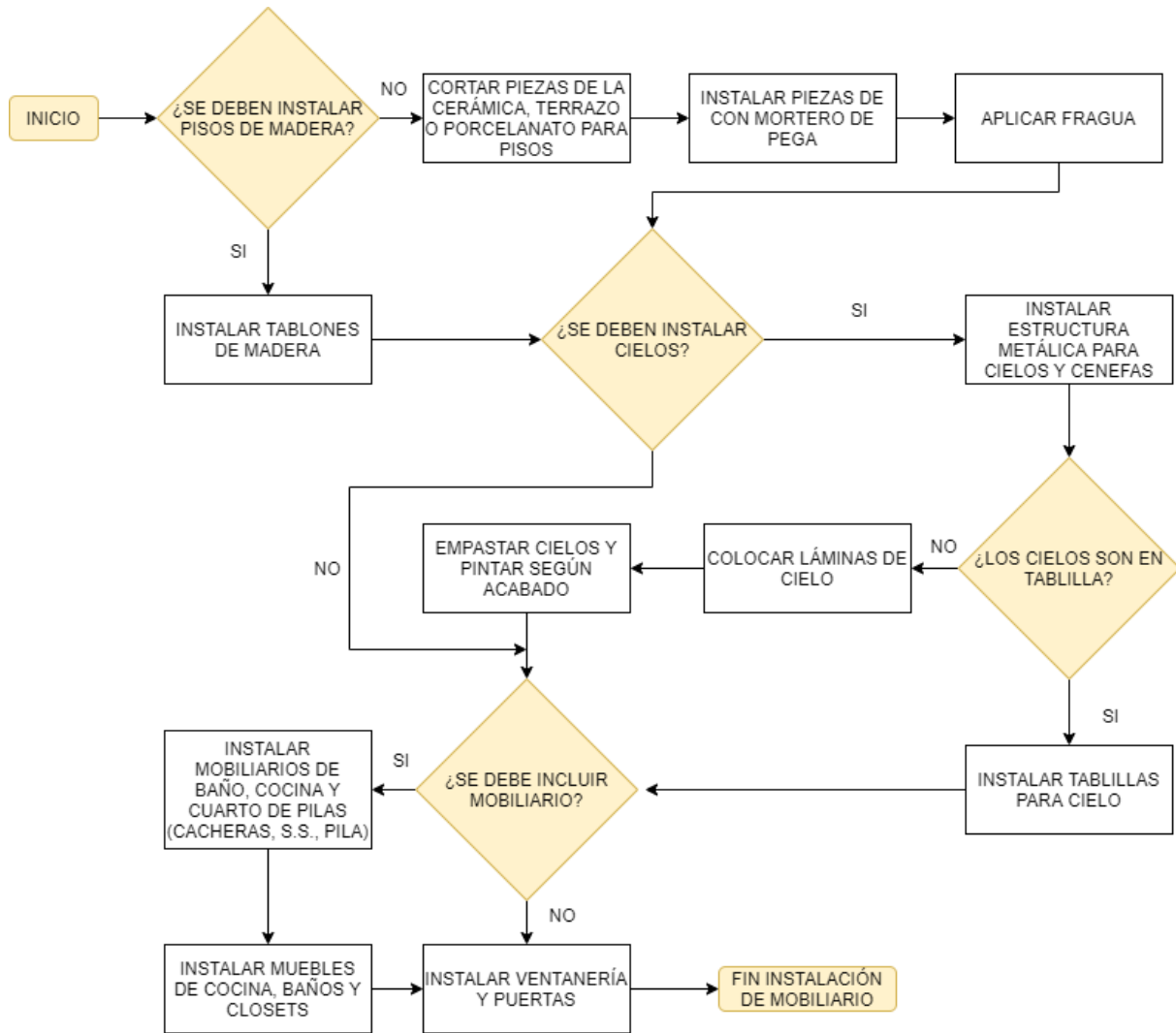


Figura 10. Diagrama de flujo de la actividad: Acabados Arquitectónicos.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

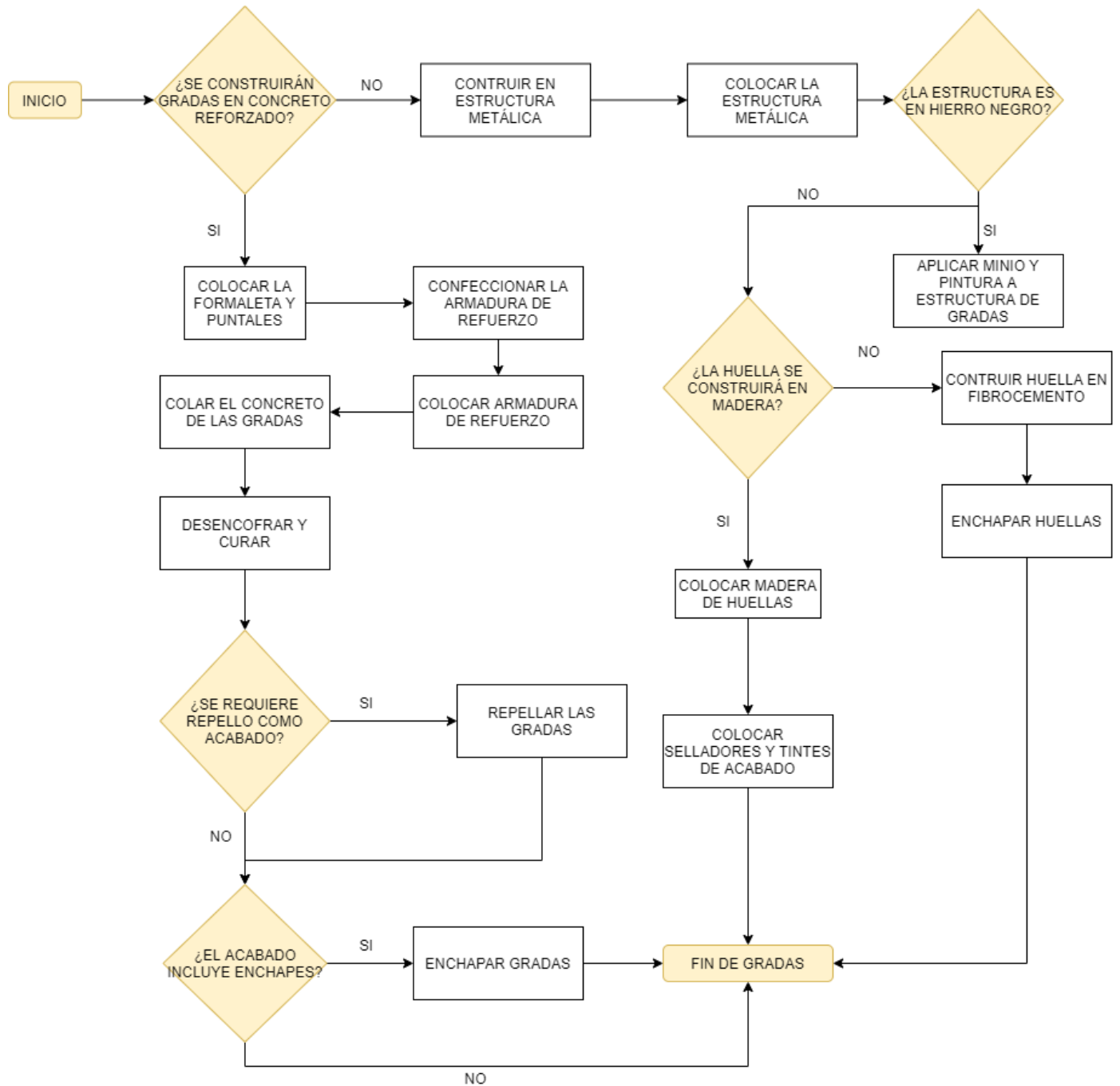


Figura 11. Diagrama de flujo de la actividad: Módulo de Gradass.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

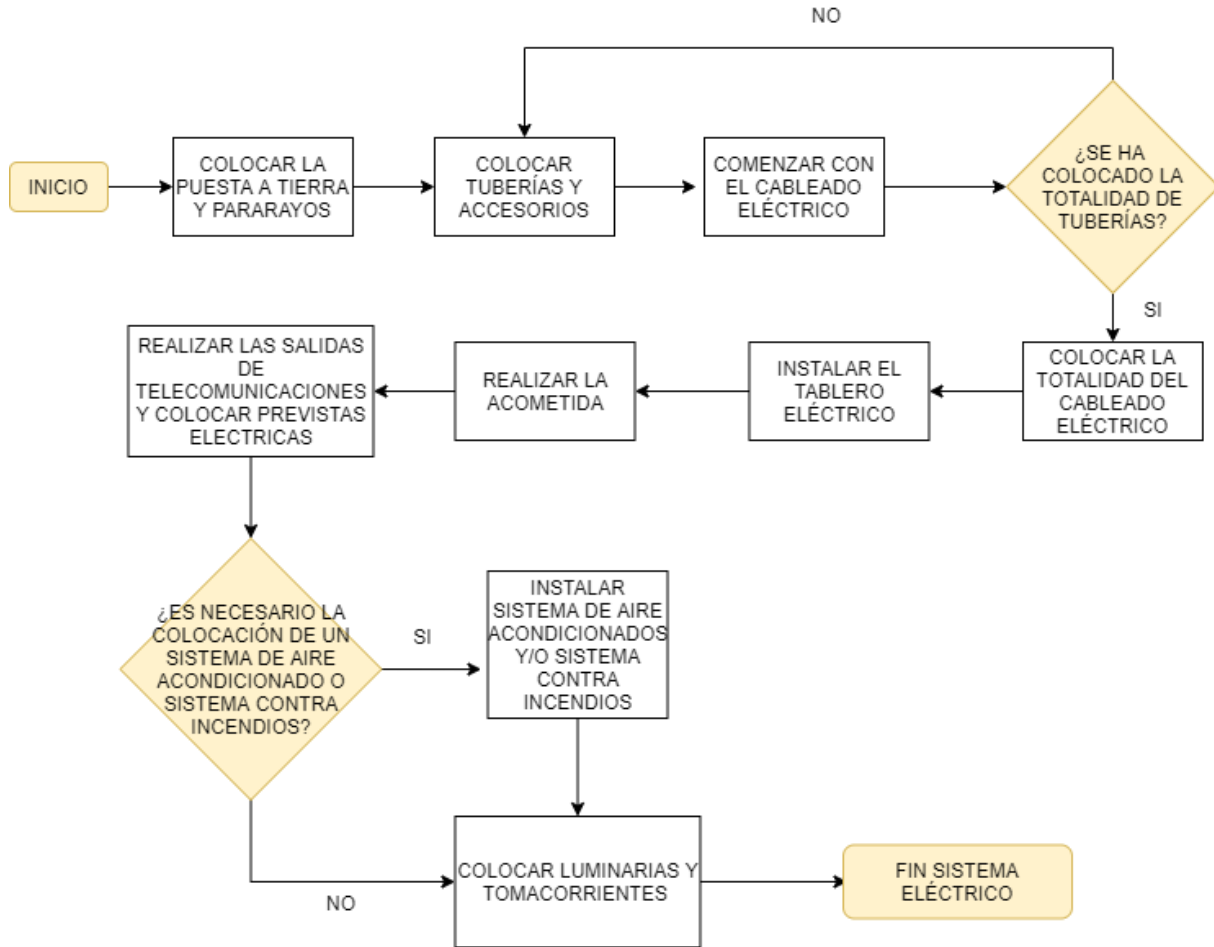


Figura 12. Diagrama de flujo de la actividad: Instalación del Sistema Eléctrico.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

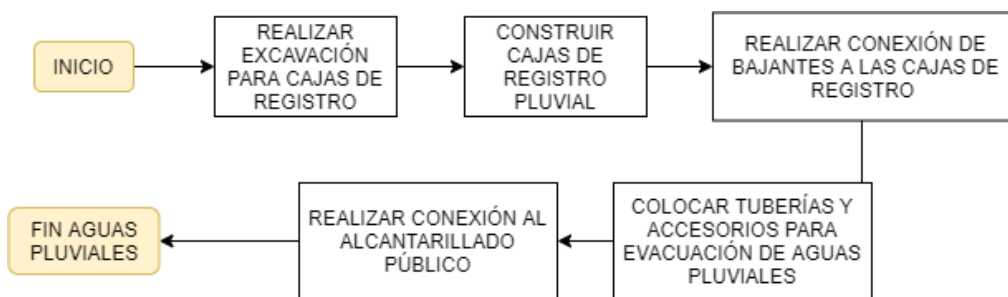


Figura 13. Diagrama de flujo de la actividad: Instalación del Sistema Mecánico de Aguas Pluviales.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

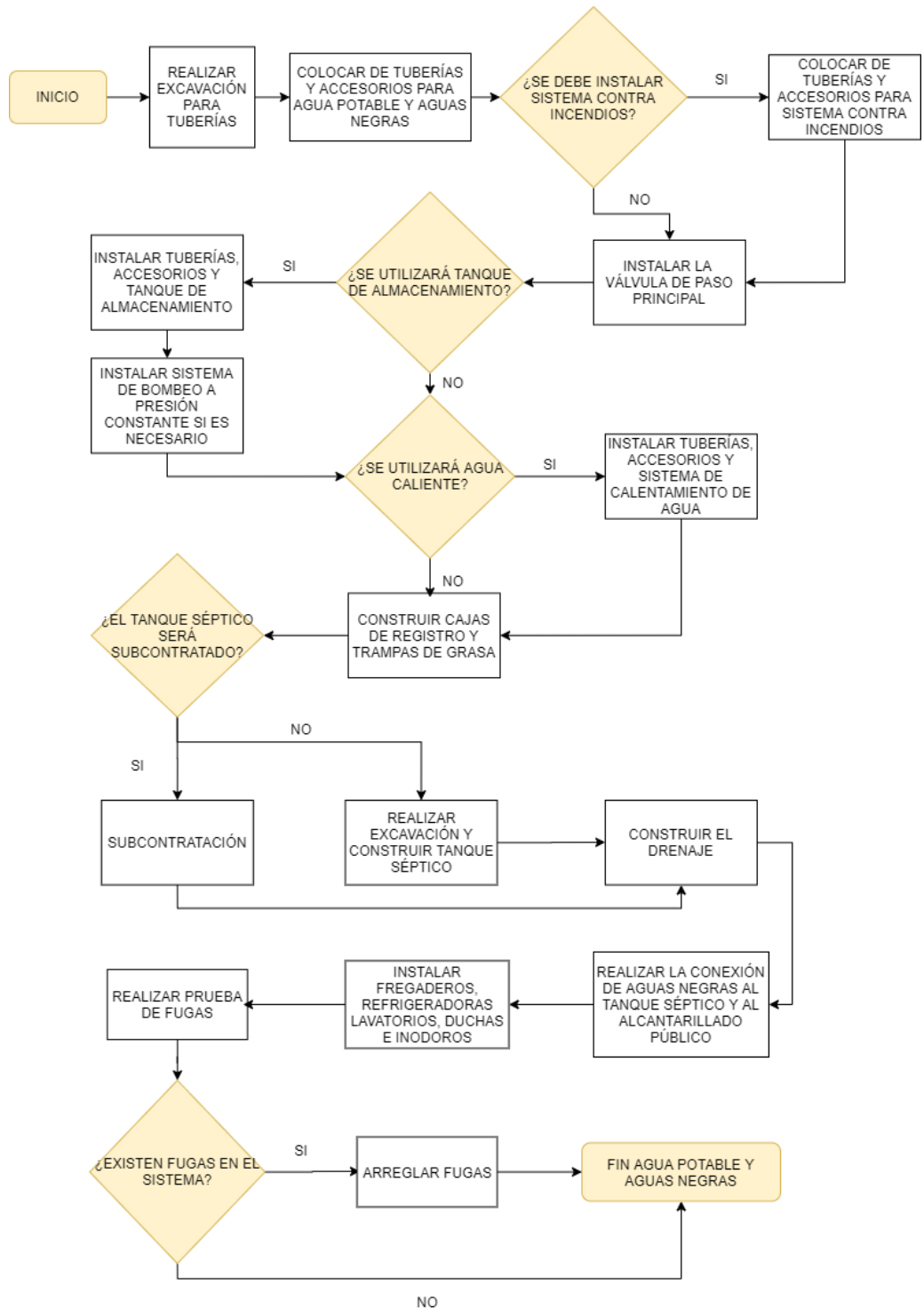


Figura 14. Diagrama de flujo de la actividad: Instalación del Sistema Mecánico de Agua Potable y Aguas Negras. Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

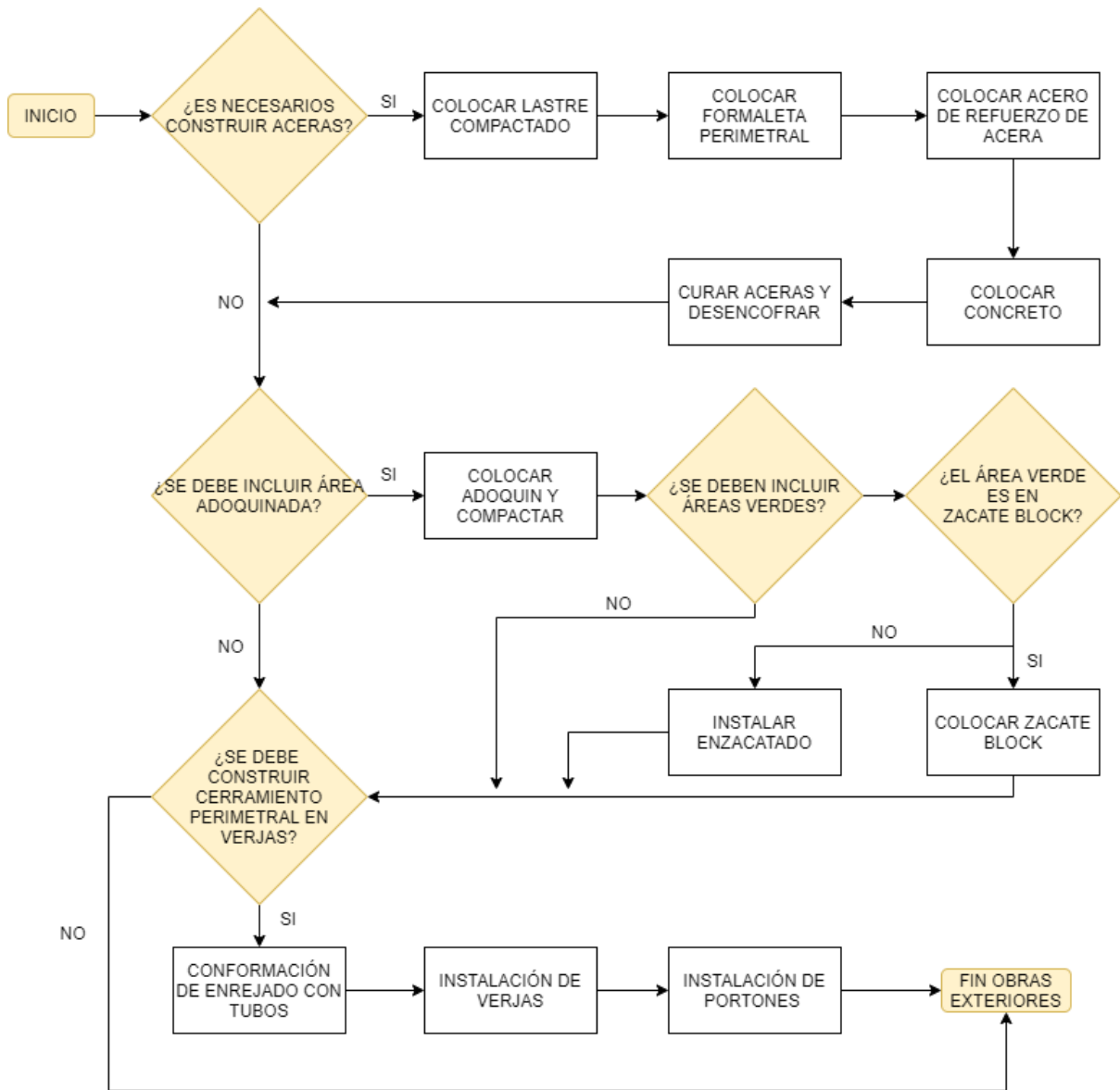


Figura 15. Diagrama de flujo de la actividad: Obras Exteriores.
Elaboración propia mediante la herramienta Diagrams.

Teniendo claro lo anterior, se procede a realizar los cálculos de materiales para cada una de estas actividades. Estos cálculos se realizaron con base en el documento “Rendimiento de Materiales de Construcción” de la Escuela de Ingeniería de Construcción del Tecnológico de Costa Rica, el cual trata de una recopilación de información sobre rendimientos de materiales a necesitar para varias actividades constructivas. Este documento se utiliza por recomendación del Ing. Harold Miranda Sandoval, ya que IASA no cuenta actualmente con una base de datos de rendimientos de materiales ni mano de obra.

Para el desarrollo del sistema, se realizan varias hojas de cálculo, en donde cada una de estas incluye la programación para el cálculo de materiales según dimensiones y materiales a elegir por el usuario. Estas hojas de cálculo son nombradas por un código que facilitará al usuario identificar qué actividad se encuentra programada en cada hoja. Estos códigos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
OP	Obras Preliminares	Incluye las obras temporales que la Constructora IASA realiza en sus proyectos, dentro de estas se tiene la construcción de la bodega y los cerramientos perimetrales del terreno. Además de esto, se incluyen actividades preliminares tales como movimientos de tierras y trazado del terreno.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
PA	Placas Aisladas	Dentro de esta actividad, se consideran excavación, colocación de armadura y colado del concreto. Debido a la posibilidad de que una edificación cuente con distintos tipos de placas aisladas, se crean tres hojas de cálculo en donde el usuario puede modificar dimensiones según lo desee. Para estas opciones se utilizan los códigos PA1, PA2, PA3.
PC	Placas Corridas	Dentro de esta actividad, se consideran excavación, colocación de armadura y colado del concreto para las placas corridas. Debido a la posibilidad de que una edificación cuente con distintos tipos de placas corridas, se crean tres hojas de cálculo. Para estas opciones, se utilizan los códigos PC1, PC2, PC3.
LC	Losa Flotante de Contrapiso	En la actividad LC se considera desde la colocación del lastre, compactación, colocación del acero de refuerzo y el colado del concreto.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
AC	Aceras de Concreto	Incluye las actividades de colocación del lastre, compactación, colocación del acero de refuerzo, formaletas y el colado del concreto.
TA	Tapia de Cerramiento Perimetral	La actividad TA considera una tapia de cerramiento perimetral a construir en mampostería y puede incluir un enrejado con verjas o malla ciclón.
MC	Muros de Concreto	Dentro de los muros de concreto, se está considerado la colocación de la formaleta, el acero de refuerzo y el colado del concreto. Además de esto, el usuario tiene la posibilidad de elegir el tipo de acabado que llevará este muro, por ello, se crean distintas hojas de cálculo para los muros de concreto con el fin de que el usuario pueda calcular estos muros según el acabado deseado. Estos tienen los códigos MC1, MC2, MC3.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
MM	Muros de Mampostería	La actividad MM incluye la colocación de los bloques de concreto, la colocación de refuerzo horizontal y vertical y el colado del concreto de relleno. Además de esto, la hoja de cálculo incluye el tipo de acabado que llevará esta pared, por ello, se crean tres hojas de cálculo programadas para muros de mampostería para brindar la posibilidad al usuario de obtener el presupuesto de las paredes aun si estas tienen distintos acabados. Los códigos de estas serían MM1, MM2 y MM3.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
PP	Paredes de Baldosas de Concreto Prefabricadas	Dentro de esta actividad, se consideran los materiales necesarios para la construcción de paredes de baldosas de concreto prefabricadas, comenzando con la excavación y colocación del sello de concreto para las columnas prefabricadas hasta las baldosas y el acabado de las paredes. De igual manera, al tener la posibilidad de que los acabados no sean iguales en todas las paredes, se crean tres hojas de cálculo que pueden modificarse por el usuario según se desee. Estas últimas llevarían los códigos PP1, PP2 y PP3.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
PL	Paredes Livianas	Esta actividad considera las paredes livianas que pueden ser construidas con estructura metálica (Stud y Track), según el calibre deseado por el usuario y dos láminas (una por cada cara de la pared) las cuales pueden ser Gypsum Regular, Gypsum tipo X, Gypsum Tipo MR, Láminas de Mold Tough, Durock, Densglass o Fibrocemento. De igual manera, las hojas de cálculo de esta actividad incluyen el acabado de cada pared por lo que se proponen tres tipos de pared siendo estas codificadas como PL1, PL2 y PL3.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
CC	Columnas de Concreto	Se utiliza la codificación CC para las columnas de concreto, su programación incluye el cálculo de materiales para la colocación de la formaleta, acero de refuerzo y colado de concreto. Debido a la posibilidad de que existan diferentes columnas en un proyecto de construcción, se proponen tres hojas de cálculo que pueden ser modificadas por el usuario según se desee con los códigos CC1, CC2, CC3.
MO	Mochetas de Concreto	La programación de esta actividad incluye el cálculo de materiales para la colocación de la formaleta, acero de refuerzo y colado de concreto de las mochetas. Debido a la posibilidad de que existan diferentes mochetas en un proyecto de construcción, se proponen tres hojas de cálculo que pueden ser modificadas por el usuario según se desee con los códigos MO1, MO2, MO3.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
VB	Viga Banquina	Dentro del cálculo de materiales de estas actividades, se están incluyendo los recursos necesarios para la colocación y desinstalación de la formaleta, colocación del acero de refuerzo y colado del concreto.
VCA	Viga Cargador	
VC	Viga Corona	
VT	Viga Tapichel	
VE	Viga Entrepiso	
GC	Módulo de Gradadas de Concreto	Dentro de esta actividad, se toma en cuenta la cantidad de escalones y descansos con sus respectivas dimensiones de manera que el sistema calcule los materiales necesarios para la colocación de la formaleta, colocación de acero de refuerzo y colado del concreto.
GM	Módulo de Gradadas de Madera	Dentro de esta actividad, se toma en cuenta la cantidad de escalones con sus respectivas dimensiones de manera que el sistema calcule los materiales necesarios para la instalación de la estructura en acero y los escalones en la madera deseada por el usuario.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
EF	Entrepiso de Fibrocemento	Al realizar el cálculo de los entrepisos livianos con láminas de fibrocemento, se deben considerar aspectos como el tipo de estructura a utilizar para la viga entrepiso, las placas para las columnas y dimensiones. Debido a que el proyecto tipo de IASA es de máximo 3 niveles, se realizan dos hojas de cálculo considerando la posibilidad de tener dos entrepisos. Los códigos utilizados para esta actividad son EF1 y EF2.
EM	Entrepiso de Metaldeck	Dentro de esta actividad, se consideran los materiales necesarios para la instalación de un entrepiso con láminas de metaldeck, en este se incluyen las láminas de Metaldeck a elegir por el usuario, la malla de acero electrosoldada, cemento, arena y piedra. De igual manera, se realizan dos hojas de cálculo considerando la posibilidad de tener dos entrepisos. Los códigos utilizados para esta actividad son EM1 y EM2.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
P	Pisos	Para los pisos, se presenta la posibilidad de que el usuario seleccione la cerámica, porcelanato o terrazo deseado. Inicialmente, se utiliza un precio de referencia de las piezas de siete mil colones, sin embargo, este puede ser modificado. Además de esto, en la misma programación de considera la posibilidad de tener hasta 4 tipos distintos de pisos y enzacatado exterior.
C	Cielos	Para este acabado, se considera la instalación de la estructura de cielos, la colocación de las láminas o tablilla plástica según indique el usuario y un acabado de empastado y pintura. Debido a las posibilidades de que en un proyecto constructivo exista más de un tipo de cielo, se crean tres hojas de cálculo que pueden ser modificadas por el usuario según sea necesario. Estas hojas son codificadas con los nombres C1, C2 y C3.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
A	Aleros	Para este acabado, se considera la instalación de la estructura de aleros, la colocación de las láminas (Durock o Densglass), según indique el usuario y un acabado de empastado y pintura.
T	Techos	Dentro de esta actividad, se consideran los cálculos de los materiales necesarios para la instalación de la estructura de techos basándose en una cercha americana, a este se le puede modificar los tipos de material a utilizar y la pendiente del techo. Además de esto, dentro de la misma hoja de cálculo se incluye la estimación de la cubierta y hojalatería. Debido a que existe la posibilidad de tener dos tipos de cerchas o techos en el mismo proyecto, se realizan dos hojas de cálculo que el usuario puede modificar según se necesite, estas tienen los códigos T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
T3	Cercha americana	En esta actividad, se calculan los materiales necesarios para la cercha tipo americana en donde el usuario debe introducir el tipo de tubo a utilizar, dimensiones y cantidad de cerchas.
EP	Entrepiso pretensado	El entrepiso pretensado contiene dentro de los cálculos de sus materiales el subcontrato del sistema pretensado, sin embargo, en esta actividad se considera el espesor de losa, tipo de refuerzo y resistencia del concreto para realizar el cálculo de materiales. En este caso, al existir la posibilidad de que haya dos tipos de entrepiso en la construcción, se realizan dos hojas de cálculo codificadas EP1 y EP2.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Cuadro 5. Códigos de actividades		
Código	Actividad	Descripción
TS	Tanque Séptico	Si se desea utilizar un tanque séptico construido en sitio, se debe utilizar la hoja de cálculo codificada TS, esta calcula los materiales necesarios para el tanque séptico, según la capacidad esperada del tanque.
I	Instalaciones Mecánicas (Pluvial, Eléctrico, Aguas Negras)	Para esta actividad, la hoja de cálculo se trata de un listado de los materiales necesarios para las instalaciones electromecánicas en donde el usuario debe incluir las cantidades.
SC	Subcontratos	Para las actividades subcontratadas por IASA, se presenta la opción de que el usuario seleccione cuáles de estas serán necesarias en el proyecto de construcción e indicar la cantidad requerida, de manera que el sistema indique el costo total del subcontrato.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Además, en la figura 17 se muestra un ejemplo de la pestaña realizada para una actividad constructiva. En esta hoja de cálculo se observa la información que debe ser introducida por el usuario en la parte superior del cuadro, mientras que en la parte inferior se muestran los resultados de los cálculos de materiales y costos del elemento.

En este caso se trata de la programación para una placa aislada. Para facilitar la comprensión del programa, se utiliza la siguiente simbología de colores en donde se indica cuáles son las celdas editables.

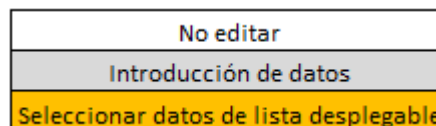


Figura 16. Simbología de colores del sistema de estimación de costos.

Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

El usuario debe indicar las dimensiones de la placa, el tipo de refuerzo a utilizar, la resistencia del concreto, recubrimiento y el porcentaje de desperdicio. Ya con ello, el sistema devolverá las cantidades de materiales a necesitar.

De igual manera, en la figura 17, se puede observar que, al haber desarrollado una base de datos de precios unitarios, el sistema indica el costo unitario y el costo total de cada material, teniendo como resultado final el costo de los materiales de la placa aislada.

PA1		PLACA AISLADA TIPO PA1			
Cantidad de Placas	5	Espesor de Sello	0,15		
Ancho (m)	1	Resistencia Concreto	Concreto f'c = 245kg/cm2		
Largo (m)	2	Volumen de Concreto	6,6		
Profundidad (m)	0,6	% Desperdicio Concreto	10%		
Tipo de Refuerzo	Varilla #3	Separación Aros(m)	0,15		
Recubrimiento (m)	0,05				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
6,00	m3	Excavación	₡ -	₡ -	
1,50	m3	Sello de Concreto Pobre	₡ 80 000,00	₡ 120 000,00	
205,00	uds	Varilla #3	₡ 1 520,00	₡ 311 600,00	
34,44	kg	Alambre Negro	₡ 700,00	₡ 24 108,00	
67,32	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	₡ 5 950,00	₡ 400 554,00	
2,49	m3	Arena Corriente de Tajo	₡ 16 000,00	₡ 39 916,80	
4,99	m3	Piedra Quinta de Tajo	₡ 17 000,00	₡ 84 823,20	
Total			₡	981 002,00	

Figura 17. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales de la actividad "Placa aislada tipo PA1" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

A continuación, de la figura 18 a la 34, se muestra la pestaña creada para cada una de las actividades indicadas en el cuadro 5.

OP		OBRAS PRELIMINARES			
Porcentaje de Material de Co	0,3	Ancho de Bodega (m)	0		
Área de Corte (m2)	62	Largo de Bodega (m)	0		
Altura Promedio Corte (m)	1,5	Altura de Bodega (m)	0		
Área de Relleno (m2)	15	Metros Lineales de Cerramiento	0		
Altura Promedio Relleno (m)	0,5	Cerramiento Temporal	Malla de Sarán Verde 80% de 4m		
Área de Construcción (m2)	0				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
93	m3	Excavación	₡ -	₡ -	
6,3	m3	Material de Relleno	₡ 16 000,00	₡ 100 800,00	
0	m2	Trazado	₡ -	₡ -	
0	uds	Lamina HG Ondulada #26 1.05x2.44m	₡ 8 700,00	₡ -	
0	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x2"	₡ 780,00	₡ -	
0	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	₡ 350,00	₡ -	
0	uds	Clavos de Acero de 50mm	₡ 20,00	₡ -	
0	uds	Malla de Sarán Verde 80% de 4m	₡ 1 200,00	₡ -	
0	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	₡ 350,00	₡ -	
0	uds	Clavos de Acero de 50mm	₡ 20,00	₡ -	
Total			₡	100 800,00	

Figura 18. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Obras preliminares" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

PC1		PLACA CORRIDA TIPO PC1			
Longitud de Placa	10	Recubrimiento (m)	0,05		
Ancho (m)	0,5	Espesor de Sello	0,15		
Profundidad (m)	0,4	Resistencia Concreto	Concreto f'c = 210kg/cm2		
Cant. Varillas Longitudinales	4	Volumen de Concreto	2,2		
Tipo de Refuerzo de Aros	Varilla #3	% Desperdicio Concreto	10%		
Tipo de Refuerzo Longitudinal	Varilla #3	Separación Aros(m)	0,15		
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
2,00	m3	Excavación	€ -	€ -	
0,75	m3	Sello de Concreto Pobre	€ 80 000,00	€ 60 000,00	
20,00	uds	Varilla #3	€ 1 520,00	€ 30 400,00	
8,00	uds	Varilla #3	€ 1 520,00	€ 12 160,00	
4,70	kg	Alambre Negro	€ 700,00	€ 3 292,80	
16,83	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5 950,00	€ 100 138,50	
0,94	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16 000,00	€ 15 030,40	
1,88	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17 000,00	€ 31 939,60	
Total			€ 252 961,30		

Figura 19. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Placa corrida tipo PC1" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

LC		LOSA DE CONTRAPISO			
Área de Contrapiso (m2)	82	Separación Bastones (m)	0,3		
Espesor de Losa (m)	0,1	Longitud de Bastones (m)	1		
Espesor de Lastre (m)	0,15	Resistencia Concreto	Concreto f'c = 210kg/cm2		
Tipo de Refuerzo	electrosoldada 5.30mm (2.50x6m)	Volumen de Concreto	9,02		
Separación Refuerzo (m)	0,15	% Desperdicio Concreto	10%		
Longitud CON Bastones (m)	10	Tipo de Formaleta	Madera SC 8"		
Bastones	Varilla #3				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
5,69	uds	Malla Electrosoldada 5.30mm (2.50x6m)	€ 25 000,00	€ 142 361,11	
7,00	uds	Varilla #3	€ 1 520,00	€ 10 640,00	
1,18	kg	Alambre Negro	€ 700,00	€ 823,20	
70,00	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5 950,00	€ 416 500,00	
3,85	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16 000,00	€ 61 624,64	
7,70	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17 000,00	€ 130 952,36	
15,99	m3	Lastre sin Compactar	€ 16 000,00	€ 255 840,00	
Total			€ 1 018 741,31		

Figura 20. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Losa de contrapiso tipo LC" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

AC		ACERA DE CONCRETO			
Metros de Acera (m)	5		Separación Bastones (m)	0.3	
Ancho de Acera (m)	1		Longitud de Bastones (m)	1	
Espesor de Acera (m)	0.12		Resistencia Concreto	Concreto f'c = 245kg/cm2	
Tipo de Refuerzo	Varilla #3		Volumen de Concreto	0.66	
Separación Refuerzo (m)	0.15		% Desperdicio Concreto	10%	
Longitud CON Bastones (m)	10		Tipo de Formaleta	Formaleta Madeta SC 12" 4 Varas	
Bastones	Varilla #4		Distancia de Juntas (m)	1.2	
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
3.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€	4,560.00
7.00	uds	Varilla #4	€ 2,700.00	€	18,900.00
2.59	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€	1,813.98
7.00	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€	41,650.00
0.25	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€	3,991.68
0.50	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€	8,482.32
0.78	m3	Lastre sin Compactar	€ 16,000.00	€	12,480.00
5.00	uds	Formaleta Madeta SC 12" 4 Varas	€ 5,800.00	€	29,000.00
0.10	kg	Clavos de Acero de 50mm	€ 20.00	€	1.95
15.00	uds	Reglas de Madera Semidura 2"x1"	€ 260.00	€	3,900.00
30.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€	10,500.00
5.00	uds	Desmoldante a base de diesel preparado	€ 4,000.00	€	20,000.00
Total				€	155,279.93

Figura 21. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Acera de concreto" del sistema de estimación de costos. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

TS		TANQUE SEPTICO DE CONCRETO			
Capacidad del Tanque (Personas)	4				
Resistencia Concreto	Concreto f'c = 210kg/cm2				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
4.00	m3	Excavación	€ -	€	-
3.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€	4,560.00
2.00	uds	Varilla #2	€ 1,300.00	€	2,600.00
0.65	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€	457.38
76.00	uds	Bloques de Concreto Clase A 10x20x40	€ 390.00	€	29,640.00
9.35	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€	55,632.50
0.61	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€	9,803.20
0.94	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€	15,969.80
0.11	sacos	Repello Grueso	€ 3,600.00	€	396.00
Total				€	119,058.88

Figura 22. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Tanque séptico tipo TS" del sistema de estimación de costos. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

MC1		MURO DE CONCRETO TIPO MC1 CON ACABADO SELLADOR AMBAS CARAS		
Metros Lineales de Muro	2	Separación Ref. Horizontal (m)	0.2	
Altura de Muro (m)	3	Resistencia Concreto	Concreto f'c = 210kg/cm2	
Espesor de Muro (m)	0.1	Volumen de Concreto	0.66	
Tipo de Refuerzo Vertical	Varilla #3	% Desperdicio Concreto	10%	
Tipo de Refuerzo Horizontal	Varilla #3	Tipo de Formaleta	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	
Separación Ref. Vertical (m)	0.2	Tipo de Acabado	Sellador Ambas Caras	
Materiales				
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
6.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 9,120.00
6.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 9,120.00
2.02	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€ 1,411.20
5.05	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€ 30,041.55
0.28	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€ 4,509.12
0.56	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€ 9,581.88
7.00	uds	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	€ 2,920.00	€ 20,440.00
0.27	kg	Clavos de Acero de 50mm	€ 20.00	€ 5.46
60.00	uds	Clavos de Acero de 37.5mm	€ 20.00	€ 1,200.00
2.00	m	Cuerda de Nylon	€ 550.00	€ 1,100.00
35.00	uds	Reglas de Madera Semidura 2"x1"	€ 260.00	€ 9,100.00
79.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€ 27,650.00
3.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x2"	€ 780.00	€ 2,340.00
7.00	uds	Desmoldante a base de diesel preparado	€ 4,000.00	€ 28,000.00
0.00	sacos	Repello Grueso	€ 3,600.00	€ -
0.00	sacos	Repello Fino	€ 4,100.00	€ -
1.00	gal	Sellador Repelente de Agua	€ 11,500.00	€ 11,500.00
0.00	gal	Impermeabilizante	€ 14,000.00	€ -
0.00	gal	Pintura	€ 20,000.00	€ -
Total			€	165,119.21

Figura 23. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Muro de concreto tipo MC1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

MM1		MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM1 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS			
Metros Lineales de Muro	5			Separación Ref. Horizontal (m)	0.2
Altura de Pared (m)	3			Resistencia Concreto	Concreto f'c = 210kg/cm2
Bloque de concreto	15x20x40			Volumen de Concreto	1.831
Tipo de Refuerzo Vertical	Varilla #3			% Desperdicio Concreto	10%
Tipo de Refuerzo Horizontal	Varilla #3			Tipo de Acabado	Sisado Ambas Caras
Separación Ref. Vertical (m)	0.2			Número de Hiladas Enterradas	2
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
187.50	uds	Bloques de Concreto Clase A 15x20x40	€ 500.00	€	93,750.00
14.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€	21,280.00
14.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€	21,280.00
4.70	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€	3,292.80
15.31	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€	91,107.29
1.07	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€	17,069.39
1.56	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€	26,582.46
150.00	uds	Clavos de Acero de 37.5mm	€ 20.00	€	3,000.00
5.00	m	Cuerda de Nylon	€ 550.00	€	2,750.00
5.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€	1,750.00
7.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x2"	€ 780.00	€	5,460.00
0.00	sacos	Repello Grueso	€ 3,600.00	€	-
0.00	sacos	Repello Fino	€ 4,100.00	€	-
2.00	gal	Sellador Repelente de Agua	€ 11,500.00	€	23,000.00
0.00	gal	Impermeabilizante	€ 14,000.00	€	-
0.00	gal	Pintura	€ 20,000.00	€	-
Total				€	310,321.94

Figura 24. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Muro de mampostería tipo MM1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

PL1		PARED LIVIANA TIPO PL1			
Metros Lineales de Pared	3				
Altura de Pared (m)	3				
Lámina Cara Interna	Lámina de Gypsum Regular 1/2"				
Lámina Cara Externa	Lámina de Gypsum Tipo X 5/8"				
Tipo de Estructura	1 5/8" CL 20				
Tipo de Acabado	Pintura Ambas Caras				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
6.00	uds	Track HG 1 5/8" CL 20	€ 1,400.00	€	8,400.00
9.00	uds	Stud HG 1 5/8" CL 20	€ 1,800.00	€	16,200.00
3.00	uds	Lámina de Gypsum Regular 1/2"	€ 4,400.00	€	13,200.00
3.00	uds	Lámina de Gypsum Tipo X 5/8"	€ 8,700.00	€	26,100.00
6.00	uds	Esquineros Plásticos	€ 900.00	€	5,400.00
360.00	uds	Tornillos 1:1/4 Punta Fina	€ 6.00	€	2,160.00
1.00	rollo	Cinta de Papel para Gypsum 2" (76m)	€ 1,100.00	€	1,100.00
1.00	cubeta	Pasta de Gypsum en las Juntas	€ 13,500.00	€	13,500.00
1.00	gal	Pasta de Gypsum en las Juntas	€ 13,500.00	€	13,500.00
12.00	uds	Clavos y Fulminantes	€ 700.00	€	8,400.00
2.00	gal	Pintura	€ 20,000.00	€	40,000.00
1.00	gal	Sellador Repelente de Agua	€ 11,500.00	€	11,500.00
Total				€	159,460.00

Figura 25. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Pared liviana tipo PL1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

PP1		PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP1			
Metros Lineales de Pared	0	Altura de Tapichel (m)	Baldosas Tapichel de 0.50m		
Altura de Pared (m)	0	Tipo de Acabado	Sisado Ambas Caras		
Cantidad de Columnas	0	Profundidad de cimentación (m)	0.8		
Metros Lineales de Ventan	3				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
0.00	m3	Excavación	€ -	€ -	
0.00	uds	Columna de Concreto Prefabricada de 13.5x13.5x160cm	€ 14,000.00	€ -	
0	uds	Columna de Concreto Prefabricada de 13.5x13.5x250cm	€ 14,000.00	€ -	
0	uds	Columna de Concreto Prefabricada de 13.5x13.5x350cm	€ 14,000.00	€ -	
0	uds	Columna de Concreto Prefabricada de 13.5x13.5x380cm	€ 14,000.00	€ -	
0	uds	Columna de Concreto Prefabricada de 13.5x13.5x410cm	€ 14,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas de Concreto Prefabricado de 50x200cm	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Cargador Altura Efectiva 0.37m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 0.50m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 0.75m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 1.00m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 1.25m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 1.50m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 1.75m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	uds	Baldosas Tapichel de 2.00m	€ 7,000.00	€ -	
0.00	m3	Sello de Concreto Pobre	€ 80,000.00	€ -	
0.00	sacos	Repello Gueso	€ 3,600.00	€ -	
0.00	sacos	Repello Fino	€ 4,100.00	€ -	
0.00	gal	Sellador Repelente de Agua	€ 11,500.00	€ -	
0.00	gal	Impermeabilizante	€ 14,000.00	€ -	
0.00	gal	Pintura	€ 20,000.00	€ -	
Total			€ -		

Figura 26. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Pared de baldosas prefabricadas tipo PP1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

CC1		COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC1			
Cantidad de Columnas	5.00	Cantidad de Ref. Longitudinal	4		
Perimetro Sección Transversal (m)	1.60	Separación Aros (m)	0.2		
Área Sección Transversal (m2)	1.60	Resistencia Concreto	Concreto $f_c = 210\text{kg/cm}^2$		
Altura de Columna (m)	3.00	Volumen de Concreto	26.4		
Espesor de Pared (m)	0.40	% Desperdicio Concreto	10%		
Tipo de Refuerzo Longitudinal	Varilla #3	Tipo de Formaleta	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas		
Tipo de Refuerzo Aros	Varilla #3	Recubrimiento (m)	0.05		
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
12.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 18,240.00	
20.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 30,400.00	
5.38	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€ 3,763.20	
202.00	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€ 1,201,900.00	
11.27	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€ 180,364.80	
22.55	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€ 383,275.20	
13.00	uds	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	€ 2,920.00	€ 37,960.00	
0.51	kg	Clavos de Acero de 50mm	€ 20.00	€ 10.14	
65.00	uds	Reglas de Madera Semidura 2"x1"	€ 260.00	€ 16,900.00	
143.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€ 50,050.00	
13.00	uds	Desmoldante a base de diesel preparado	€ 4,000.00	€ 52,000.00	
Total			€ 1,974,863.34		

Figura 27. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Columna de concreto tipo CC1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

VB		VIGA BANQUINA DE CONCRETO			
Metros Lineales de Viga (m)	5		Recubrimiento (m)	0.05	
Ancho (m)	0.15		Resistencia Concreto	Concreto $f'c = 245kg/cm^2$	
Alto (m)	0.4		Volumen de Concreto	0.33	
Cant. Varillas Longitudinales	4		% Desperdicio Concreto	10%	
Tipo de Refuerzo de Aros	Varilla #3		Separación Aros(m)	0.2	
Tipo de Refuerzo Longitudinal	Varilla #3		Formaleta	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
5.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€	7,600.00
4.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€	6,080.00
1.51	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€	1,058.40
3.37	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€	20,027.70
0.12	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€	1,995.84
0.25	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€	4,241.16
3.00	uds	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	€ 2,920.00	€	8,760.00
0.12	kg	Clavos de Acero de 50mm	€ 20.00	€	2.34
15.00	uds	Reglas de Madera Semidura 2"x1"	€ 260.00	€	3,900.00
33.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€	11,550.00
3.00	uds	Desmoldante a base de diesel preparado	€ 4,000.00	€	12,000.00
Total				€	77,215.44

Figura 28. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Viga banquina tipo VB1" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

EF1		ENTREPISO LIVIANO CON LÁMINAS DE FIBROCEMENTO EF1			
Área de Entrepiso (m2)	30		Cantidad de Columnas	3	
Tipo de Viga	Concreto		Espesor de Columna (m)	0.3	
Metros Lineales de Viga de Acero (m)	5		Ancho de Columna (m)	0.3	
Estructura Viga Entrepiso	Tubo HN 100x200x3.17mm		Largo de Entrepiso (m)	10	
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
12.00	uds	Lámina de Fibrocemento	€ 46,000.00	€	552,000.00
3.00	uds	Cinta Antivibración 38mm x 30.5m	€ 30,000.00	€	90,000.00
3.00	uds	Tubo HN 50x50x1.8mm	€ 12,900.00	€	38,700.00
9.00	uds	Tubo HN 48x72x1.8mm	€ 15,300.00	€	137,700.00
0	uds	Tubo HN 100x200x3.17mm	€ 66,100.00	€	-
4.00	paq	Tornillos para Fibrocemento	€ 7.00	€	28.00
1	uds	Platina HN 100x6mm (6m)	€ 19,000.00	€	19,000.00
2	kg	Soldadura 6013 1/8 Hilco	€ 4,800.00	€	9,600.00
Total				€	847,028.00

Figura 29. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Entrepiso liviano con láminas de fibrocemento tipo EF1" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

EP1		ENTREPISO PRETENSADO TIPO EP1		
Área de Entrepiso (m2)	50	Resistencia Concreto	Concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	
Tipo de Refuerzo	Electrosoldada 5.30mm (2.50x6m)	Volumen de Concreto	2.75	
Espesor de Losa de Concreto (m)	0.05	% Desperdicio Concreto	10%	
Materiales				
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
50.00	m2	Entrepiso Pretensado	€ 9,000.00	€ 450,000.00
5.00	uds	Malla Electrosoldada 3.80mm (2.20x6m)	€ 11,300.00	€ 56,500.00
21.04	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€ 125,173.13
1.17	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€ 18,788.00
2.35	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€ 39,924.50
Total			€ 690,385.63	

Figura 30. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Entrepiso pretensado tipo EP1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

GC		MODULO DE GRADAS DE CONCRETO		
Cantidad de Escalones	20	Cantidad de Descansos	1	
Ancho de Escalones (m)	1.1	Área de Descanso (m2)	2	
Contrahuella (m)	0.17	Espesor de Losa Descanso (m)	0.15	
Huella (m)	0.3	Tipo de Refuerzo en Descanso	Varilla #3	
Tipo de Refuerzo de Aros	Varilla #3	Separación Refuerzo(m)	0.15	
Tipo de Refuerzo Longitudinal	Varilla #3	Recubrimiento (m)	0.05	
Cant. Varillas Longitudinales	4	Resistencia Concreto	Concreto $f'c = 245\text{kg/cm}^2$	
Separación Aros(m)	0.15	Volumen de Concreto	1.5642	
Tipo de Refuerzo Diagonal	Varilla #3	% Desperdicio Concreto	10%	
Separación Ref. Diagonal(m)	0.15	Formaleta	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	
Materiales				
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
40.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 60,800.00
17.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 25,840.00
10.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 15,200.00
5.00	uds	Varilla #3	€ 1,520.00	€ 7,600.00
12.10	kg	Alambre Negro	€ 700.00	€ 8,467.20
15.95	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€ 94,931.30
0.59	m3	Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€ 9,460.28
1.18	m3	Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€ 20,103.10
12.00	uds	Formaleta Madeta SC 6" 4 Varas	€ 2,920.00	€ 35,040.00
0.47	kg	Clavos de Acero de 50mm	€ 20.00	€ 9.36
60.00	uds	Reglas de Madera Semidura 2"x1"	€ 260.00	€ 15,600.00
132.00	uds	Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€ 46,200.00
12.00	uds	Desmoldante a base de diesel preparado	€ 4,000.00	€ 48,000.00
Total			€ 387,251.24	

Figura 31. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Módulo de gradas de concreto" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

T1		ESTRUCTURA Y CUBIERTA DE TECHO TIPO T1	
Área de Techo (m2)	50	Cantidad de Cerchas	2
Metros Perimétrales	30	Tubo Estructura Externa	Tubo HN 50x200x3.17mm
Pendiente (%)	18%	Tubo Estructura Interna	Tubo HN 50x50x1.2mm
Tipo de Agua	Un Agua	Clavadores	Tubo HN 38x38x1.8mm
Metros Lineales de Canoa	10	Largueros	Tubo HN 25x50x1.8mm
Tipo de Cubierta	Lamina HG Ondulada #26 1.05x2.44m	Cantidad de Largueros	1
Bajante	Tubo Bajante PVC para Canoa Blanco SDR41 3pulgadas (3m)	Longitud de Cercha (m)	11
Distancia NPT - Techo (m)	1	Altura Máxima de Cercha (m)	2

Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
12.00	uds	Tubo HN 50x200x3.17mm	€ 55,300.00	€	663,600.00
6.00	uds	Tubo HN 50x50x1.2mm	€ 8,700.00	€	52,200.00
17.00	uds	Tubo HN 38x38x1.8mm	€ 9,700.00	€	164,900.00
1.00	uds	Tubo HN 25x50x1.8mm	€ 9,700.00	€	9,700.00
5.00	kg	Soldadura 6013 1/8 Hilco	€ 4,800.00	€	24,000.00
2.00	gal	Minio Rojo	€ 13,000.00	€	26,000.00
2.00	gal	Fast Dry	€ 20,000.00	€	40,000.00
1.00	gal	Disolvente	€ 10,300.00	€	10,300.00
24.00	uds	Lamina HG Ondulada #26 1.05x2.44m	€ 8,700.00	€	208,800.00
240.00	uds	Tornillos Techo Punta Broca 1/4" x 2"	€ 35.00	€	8,400.00
11.00	uds	Botaguas HE #26 12pulgadas (1.83m)	€ 3,000.00	€	33,000.00
0.00	uds	Cumbrera HE #26 18pulgadas (1.83m)	€ 3,800.00	€	-
2.00	uds	Canoa Colonial PVC (6m)	€ 22,800.00	€	45,600.00
1.00	uds	Tubo Bajante PVC para Canoa Blanco SDR41 3pulg	€ 7,300.00	€	7,300.00
Total				€	413,100.00

Figura 32. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Estructura y cubierta de techo tipo T1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

C1		CIELO EN GYPSUM TIPO C1	
Área de Cielo (m2)	50		
Perímetro (m)	10		
Lámina de Cielo	Tablilla Plástica 7.5mm (0.25x5.95m)		
Tipo de Estructura	CL25		

Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
4.00	uds	Canal para Cielo de Gypsum U 38x0.40mm (4.88m)	€ 1,500.00	€	6,000.00
14.00	uds	Angular de Metal para Gypsum 25x0.40mm (3.05m)	€ 410.00	€	5,740.00
35.00	uds	Perfil Omega (Furring) para Gypsum 31.5x61x0.40	€ 900.00	€	31,500.00
17.00	uds	Tablilla Plástica 7.5mm (0.25x5.95m)	€ 3,000.00	€	51,000.00
84.00	uds	Tornillos de 7/16 x6	€ 5.00	€	420.00
602.00	uds	Tornillos 1:1/4 Punta Fina	€ 6.00	€	3,612.00
84.00	rollo	Cinta de Papel para Gypsum 2" (76m)	€ 1,100.00	€	92,400.00
0.00	uds	Corniza Plástica para Tablilla (5.8m)	€ 4,000.00	€	-
2.00	cubeta	Pasta de Gypsum en las Juntas	€ 13,500.00	€	27,000.00
2.00	sacos	Muro Seco	€ 4,000.00	€	8,000.00
71.00	uds	Clavos y Fulminantes	€ 700.00	€	49,700.00
4.00	gal	Pintura	€ 20,000.00	€	80,000.00
Total				€	355,372.00

Figura 33. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Cielo en gypsum tipo C1" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

P		ACABADOS DE PISOS			
Piso Tipo 1	Cerámica B	Tipo de Enchape	Terrazo de 30x30cm		
Area de Cerámica B (m2)	30	Area de Terrazo de 30x30cm (m2)	30		
Piso Tipo 2	Cerámica A	Área de Enzcatado (m2)	40		
Area de Cerámica A (m2)	20				
Piso Tipo 3	Cerámica B				
Area de Cerámica B (m2)	30				
Materiales					
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	
6.44	sacos	Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€	38,318.00
93.10	kg	Fragua	€ 750.00	€	69,825.00
20.00	m2	Cerámica A	€ 7,000.00	€	140,000.00
60.00	m2	Cerámica B	€ 7,000.00	€	420,000.00
0.00	m2	Cerámica C	€ 7,000.00	€	-
30.00	m2	Terrazo de 30x30cm	€ 9,000.00	€	270,000.00
2200.00	uds	Separadores	€ 2.00	€	4,400.00
40.00	m2	Zacate Dulce	€ 2,500.00	€	100,000.00
Total				€	1,042,543.00

Figura 34. Ejemplo de hoja de cálculo de materiales para la actividad "Acabados de pisos" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Una vez terminada cada una de las hojas de cálculo de materiales, se procede a realizar la pestaña llamada "Cantidades, la cual se muestra en las figuras 35, 36, 37 y 38. En esta pestaña el usuario debe indicar cantidades y dimensiones para cada elemento constructivo, de manera que cada hoja independiente tomará estos valores, realiza el cálculo de los materiales y devuelve el costo de ese elemento.

El objetivo de crear esta nueva hoja de cálculo es que el usuario no deba recorrer todo el libro de Excel para realizar el presupuesto, en su lugar, solo debería indicar estos datos en la hoja "Cantidades" y el sistema se encarga de la estimación de los materiales y costos.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Área de Construcción (m2)	Dimensiones de Bodega	ación del Proyecto (m)
250	50	200	3 15	3

CÁLCULO DE MATERIALES										
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES				COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	REFERENCIA	
OBRAS PRELIMINARES										
OP	OBRAS PRELIMINARES	gbl	10	2	0	0	50%	€ 900,010.00	€ 900,010.00	VER
CIMENTACIONES										
PA1	PLACA AISLADA TIPO PA1	uds	1	0.2	0.2	0.6	Varilla #3	€ 7,829.85	€ 7,829.85	VER
PA2	PLACA AISLADA TIPO PA2	uds	5	0.2	0.2	0.6	Varilla #4	€ 16,218.94	€ 81,094.68	VER
PA3	PLACA AISLADA TIPO PA3	uds	2	0.2	0.2	0.6	Varilla #5	€ 16,218.94	€ 32,437.87	VER
PC1	PLACA CORRIDA TIPO PC1	ml	1	0.2	0.6	Varilla #3	Varilla #3	€ 17,818.68	€ 17,818.68	VER
PC2	PLACA CORRIDA TIPO PC2	ml	3	0.2	0.6	Varilla #3	Varilla #3	€ 17,818.68	€ 53,456.04	VER
PC3	PLACA CORRIDA TIPO PC3	ml	1	0.2	0.6	Varilla #3	Varilla #3	€ 17,818.68	€ 17,818.68	VER
CONTRAPISO										
LC	LOSA DE CONTRAPISO	m2	90	0.12	0.15	Electrosoldada 5.30mm (2		€ 1,579.92	€ 142,193.11	VER
AC	ACERA DE CONCRETO	ml	15	1	0.12	Varilla #3		€ 26,840.76	€ 402,611.44	VER
PAREDES										
TA	TAPIA DE CERRAMIENTO PERIMETRAL	ml	20	3	15x20x40	na Cara/Repello y Pintura		€ 59,223.61	€ 1,184,472.29	VER
MC1	MURO DE CONCRETO TIPO MC1 CON ACABADO SELLADOR AMBAS CARAS	ml	40	3	0.1	Sellador Ambas Caras		€ 73,648.25	€ 2,945,930.16	VER
MC2	MURO DE CONCRETO TIPO MC2 CON ACABADO REPELLO GRUESO AMBAS CARAS	ml	30	3	0.15	epello Grueso Ambas Caras		€ 110,586.72	€ 3,317,601.48	VER
MC3	MURO DE CONCRETO TIPO MC3 CON ACABADO SELLADOR AMBAS CARAS	ml	40	3	0.2	Sellador Ambas Caras		€ 113,288.77	€ 4,531,550.64	VER
MM1	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM1 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml	10	3	15x20x40	Sisado Ambas Caras		€ 60,746.39	€ 607,463.89	VER
MM2	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM2 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml	10	3	15x20x40	Sisado Ambas Caras		€ 60,746.39	€ 607,463.89	VER
MM3	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM3 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml	15	3	15x20x40	Sisado Ambas Caras		€ 60,419.06	€ 906,285.83	VER
PP1	PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP1	ml	20	3		Sisado Ambas Caras		€ 27,375.00	€ 547,500.00	VER
PP2	PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP2	ml	30	3		Sisado Ambas Caras		€ 28,116.67	€ 843,500.00	VER
PP3	PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP3	ml	20	3		Sisado Ambas Caras		€ 28,775.00	€ 575,500.00	VER
PL1	PARED LIVIANATIPO PL1	ml	15	3	1 5/8" CL 20	Pintura Ambas Caras		€ 49,860.00	€ 747,900.00	VER
PL2	PARED LIVIANATIPO PL2	ml	10	3	1 5/8" CL 20	Pintura Ambas Caras		€ 66,510.00	€ 665,100.00	VER

Figura 35. Primera parte de la pestaña "Cantidades" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Área de Construcción (m2)	Extensiones de B	Duración del Proyecto (mes)
250	50	200	3	3

CÁLCULO DE MATERIALES										
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES					COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	REFERENCIA
PL2	PARED LIVIANA TIPO PL2	ml	30	3	1 5/8" CL 20	Pintura Ambas Caras	€ 66,510.00	€ 1,995,300.00	VER	
PL3	PARED LIVIANA TIPO PL3	ml	20	3	1 5/8" CL 20	Pintura Ambas Caras	€ 47,260.00	€ 945,200.00	VER	
COLUMNAS Y MOCHETAS										
CC1	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC1	uds	1	1.6	1.6	0.4	3	€ 404,353.54	€ 404,353.54	VER
CC2	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC2	uds	2	1.6	1.6	0.4	3	€ 411,909.48	€ 823,818.96	VER
CC3	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC3	uds	2	1.6	1.6	0.4	3	€ 411,909.48	€ 823,818.96	VER
MO1	MOCHETA DE CONCRETO TIPO MO1	uds	3	1.6	1.6	0.4	3	€ 412,628.21	€ 1,237,884.64	VER
MO2	MOCHETA DE CONCRETO TIPO MO2	uds	3	1.6	1.6	0.4	3	€ 397,254.88	€ 1,191,764.64	VER
MO3	MOCHETA DE CONCRETO TIPO MO3	uds	5	1.6	1.6	0.4	3	€ 394,972.67	€ 1,974,863.34	VER
VIGAS										
VB	VIGA BANQUINA DE CONCRETO	ml	10	0.15	0.4	Varilla #3	Varilla #3	€ 14,072.25	€ 140,722.50	VER
VCA	VIGA CARGADOR DE CONCRETO	ml	20	0.15	0.3	Varilla #3	Varilla #3	€ 15,211.52	€ 304,230.37	VER
VC	VIGA CORONA DE CONCRETO	ml	5	0.15	0.4	Varilla #3	Varilla #3	€ 20,881.01	€ 104,405.05	VER
VT	VIGA TAPICHEL DE CONCRETO	ml	10	0.15	0.3	Varilla #3	Varilla #3	€ 12,341.37	€ 123,413.65	VER
VE	VIGA ENTREPISO DE CONCRETO	ml	20	0.15	0.4	Varilla #3	Varilla #3	€ 13,304.95	€ 266,099.02	VER
MÓDULO DE GRADAS										
GC	MODULO DE GRADAS DE CONCRETO	gbl	1	1.1	0.17	0.3	2	€ 70,056.16	€ 70,056.16	VER
GM	MODULO DE GRADAS DE MADERA	gbl	0	1.1	0.17	0.3	Madera Pino	€ -	€ -	VER
ENTREPISOS										
EF1	ENTREPISO LIVIANO CON LÁMINAS DE FIBROCEMENTO EF1	m2	45	Concreto			€ 27,307.60	€ 1,228,842.00	VER	
EF2	ENTREPISO LIVIANO CON LÁMINAS DE FIBROCEMENTO EF2	m2	40	Acero			€ 28,618.38	€ 1,144,735.00	VER	
EM1	ENTREPISO DE METALDECK EM1	m2	40	0.05	Acero Preformado de Metaldeck Calibr		€ 4,807.71	€ 192,308.50	VER	
EM2	ENTREPISO DE METALDECK EM2	m2	40	0.07	Acero Preformado de Metaldeck Calibr		€ 6,278.80	€ 251,151.90	VER	
EP1	ENTREPISO PRETENSADO TIPO EP1	m2	50	0.05	Malla Electrosoldada 5.30mm (2.50x6m)		€ 13,807.71	€ 690,385.63	VER	
EP2	ENTREPISO PRETENSADO TIPO EP2	m2	50	0.07	Malla Electrosoldada 4.88mm (2.20x6m)		€ 15,278.80	€ 763,939.88	VER	
ACABADOS DE PISOS Y CIELOS										

Figura 36. Segunda parte de la pestaña "Cantidades" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Área de Construcción (m2)	Dimensiones de Bodega		Duración del Proyecto (mes)
250	50	200	3	# 3	3

CÁLCULO DE MATERIALES									
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES			COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	REFERENCIA	
ACABADOS DE PISOS Y CIELOS									
P	ACABADOS DE PISOS	m2	10	0	0	0	€ 7,831.50	€ 78,315.00	VER
C1	CIELO EN GYPSUM TIPO C1	m2	20	10	11a Plástica 7.5mm (0.25x5	CL25	€ 7,793.80	€ 155,876.00	VER
C2	CIELO EN GYPSUM TIPO C2	m2	65	10	11a Plástica 7.5mm (0.25x5	CL25	€ 7,135.89	€ 463,833.00	VER
C3	CIELO EN GYPSUM TIPO C3	m2	50	10	11a Plástica 7.5mm (0.25x5	CL25	€ 7,107.44	€ 355,372.00	VER
A1	ALERO EN GYPSUM TIPO A1	m2	30	10	11a Plástica 7.5mm (0.25x5	CL25	€ 7,987.07	€ 239,612.00	VER
TECHOS									
T1	ESTRUCTURA Y CUBIERTA DE TECHO TIPO T1	m2	95	30	18% na HG Ondulada #26 1.05x		€ 6,348.95	€ 603,150.00	VER
T2	ESTRUCTURA Y CUBIERTA DE TECHO TIPO T2	m2	85	50	18% na HG Ondulada #26 1.05x		€ 7,377.65	€ 627,100.00	VER
T3	CERCHA AMERICANA TIPO T3	uds	3.00	1.00	2.00	0.50	€ 17,633.33	€ 52,900.00	VER
INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS									
TS	TANQUE SEPTICO DE CONCRETO	uds	1	4			€ 119,058.88	€ 119,058.88	VER
I	INSTALACIONES	gbl	1	INDICAR CANTIDADES EN HOJA DE REFERENCIA			€ 3,039,930.00	€ 3,039,930.00	VER
SUBCONTRATOS Y MOBILIARIO									
SUBCONTRATOS	Ventanería Fija 5mm de espesor en vidrio cristal transparente y ma	m2	37				€ 28,000.00	€ 1,036,000.00	VER
MOBILIARIO	Portones eléctricos	ml	13				€ 450,000.00	€ 5,850,000.00	VER
MOBILIARIO	Puerta Principal 1.50x2.10m en Cedro Amargo	uds	1				€ 550,000.00	€ 550,000.00	VER
MOBILIARIO	Puerta Secundarias 1.00x2.10m en Laurel	uds	5				€ 185,000.00	€ 925,000.00	VER
MOBILIARIO	Inodoro serie Equix One Piece American Standard	uds	2				€ 150,000.00	€ 300,000.00	VER
MOBILIARIO	Lavatorio Modelo Equix de American Standard	uds	2				€ 135,000.00	€ 270,000.00	VER
MOBILIARIO	Cachera para lavatorio modelo Reliant marca American Standard.	uds	2				€ 55,000.00	€ 110,000.00	VER
MOBILIARIO	Cachera para Ducha modelo Nilo marca American Standard.	uds	1				€ 160,000.00	€ 160,000.00	VER
MOBILIARIO	Baranda de Acero Inoxidable de 90m de Altura	uds	9				€ 75,000.00	€ 675,000.00	VER
TOTAL MATERIALES							€ 48,532,321.08		
MANO DE OBRA	Excavación	m3	24.79				€ 6,000.00	€ 148,752.00	

Figura 37. Tercera parte de la pestaña "Cantidades" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Área de Construcción (m2)	Dimensiones de Bodega	Duración del Proyecto (mes)
250	50	200	3 15 3	3

CÁLCULO DE MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES		COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOTAL MATERIALES						€ 48,532,321.08
MANO DE OBRA	Excavación	m3	24.79		€ 6,000.00	€ 148,752.00
MANO DE OBRA	Movimiento de Tierras (Corte y Relleno)	m3	20		€ 21,000.00	€ 420,000.00
MANO DE OBRA	Construcción de Obra Gris y Sistema Electromecánico	m2	200		€ 85,000.00	€ 17,000,000.00
MANO DE OBRA	Instalación de Estructura de Techos y Cubierta	m2	180		€ 17,000.00	€ 3,060,000.00
MANO DE OBRA	Instalación de Pisos y enchapes	m2	10		€ 4,000.00	€ 40,000.00
MANO DE OBRA	Instalación de Paredes Livianas	m2	210		€ 10,440.00	€ 2,192,400.00
MANO DE OBRA	Instalación de Cielos	m2	165		€ 6,300.00	€ 1,039,500.00
MANO DE OBRA	Instalación Eléctrica	uds	102		€ 17,000.00	€ 1,734,000.00
MANO DE OBRA	Pintura	m2	60		€ 1,500.00	€ 90,000.00
MANO DE OBRA	Instalación Eléctrica	uds	165		€ 17,000.00	€ 2,805,000.00
MANO DE OBRA	Ingeniero de Proyecto	mes	3		€ 766,228.14	€ 2,298,684.42
MANO DE OBRA	Maestro de Obras	mes	3		€ 850,000.00	€ 2,550,000.00
MANO DE OBRA	Guarda	mes	3		€ 510,818.76	€ 1,532,456.28
TOTAL MANO DE OBRA						€ 36,443,248.98
COSTOS INDIRECTOS	Cargas Sociales		52%			€ 18,950,489.47
COSTOS INDIRECTOS	Equipo y Herramienta		7%			€ 3,397,262.48
COSTOS INDIRECTOS	Transporte		5%			€ 2,426,616.05
COSTOS INDIRECTOS	Consumo Agua y Electricidad		3	mes		€ 150,000.00
COSTOS INDIRECTOS	Limpieza Final y Entrega		200	m2		€ 400,000.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS						€ 25,324,368.00
-	SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS				€ 110,299,938.06	
5%	IMPREVISTOS				€ 5,514,996.90	
20%	UTILIDAD Y ADMINISTRACIÓN				€ 23,162,986.99	
-	SUBTOTAL				€ 138,977,921.96	
SI	PERMISOS Y HONORARIOS			RIFA MINI	€ 17,023,067.92	
-	COSTO TOTAL DE LA OBRA				€ 156,000,989.89	

REFERENCIA

Figura 38. Cuarta parte de la pestaña "Cantidades" del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Para facilitar la comprensión de los costos de cada actividad, se proponen dos nuevas pestañas llamadas “Resumen” y “Oferta”. En la hoja de cálculo “Resumen”, se muestra de manera más sencilla el costo unitario y total de cada actividad, esta se puede observar en la figura 39.

Por otro lado, la pestaña “Oferta” va dirigida al cliente. En esta se tiene un resumen de los rubros más importantes que IASA suele presentar al cliente en sus ofertas. Para ello, fue necesario diluir los rubros de imprevistos, utilidad y administración. Esta hoja de cálculo se puede observar en la figura 40.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Dimensiones de Bodega			Duración del Proyecto (mes)	
250	50	3	15	3		

CÁLCULO DE MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
OBRAS PRELIMINARES						
OP	OBRAS PRELIMINARES	gbl	1	€ 900,010.00	€ 900,010.00	
CIMENTACIONES						
PA1	PLACA AISLADA TIPO PA1	uds	1	€ 7,829.85	€ 7,829.85	
PA2	PLACA AISLADA TIPO PA2	uds	5	€ 16,218.94	€ 81,094.68	
PA3	PLACA AISLADA TIPO PA3	uds	2	€ 16,218.94	€ 32,437.87	
PC1	PLACA CORRIDA TIPO PC1	ml	1	€ 17,818.68	€ 17,818.68	
PC2	PLACA CORRIDA TIPO PC2	ml	3	€ 17,818.68	€ 53,456.04	
PC3	PLACA CORRIDA TIPO PC3	ml	1	€ 17,818.68	€ 17,818.68	
CONTRAPISO						
LC	LOSA DE CONTRAPISO	m2	90	€ 1,579.92	€ 142,193.11	
AC	ACERA DE CONCRETO	ml	15	€ 26,840.76	€ 402,611.44	
PAREDES						
TA	TAPIA DE CERRAMIENTO PERIMETRAL	ml	20	€ 59,223.61	€ 1,184,472.29	
MC1	MURO DE CONCRETO TIPO MC1 CON ACABADO SEL	ml	40	€ 73,648.25	€ 2,945,930.16	
MC2	MURO DE CONCRETO TIPO MC2 CON ACABADO REI	ml	30	€ 92,913.39	€ 2,787,401.74	
MC3	MURO DE CONCRETO TIPO MC3 CON ACABADO SEL	ml	40	€ 95,714.53	€ 3,828,581.16	
MM1	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM1 CON ACABAD	ml	10	€ 60,746.39	€ 607,463.89	
MM2	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM2 CON ACABAD	ml	20	€ 60,171.39	€ 1,203,427.77	
MM3	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM3 CON ACABAD	ml	10	€ 60,746.39	€ 607,463.89	

Figura 39. Ejemplo de la pestaña “Resumen” del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

PRESUPUESTO	
Materiales	€ 59,301,626.13
Mano de Obra	€ 45,918,493.71
Cargas Sociales	€ 23,877,616.73
Equipo y Herramienta	€ 4,151,113.83
Transporte	€ 2,965,081.31
Consumo Agua y Electricidad	€ 189,000.00
Limpieza Final y Entrega	€ 504,000.00
Subtotal	€ 136,906,931.72
Permisos y Honorarios	€ 16,776,620.09
Costo Total de la Obra	€ 153,683,551.80
Costo Total de la Obra con I.V.A	€ 173,662,413.54

Figura 40. Ejemplo de la pestaña “Oferta” del sistema de estimación de costos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Por último, se prepara una lista de materiales total del proyecto. Esta se realiza de manera automática por el sistema tomando la cantidad de materiales necesarios para cada actividad y resumiéndolos en la pestaña llamada "Lista de materiales". Además, esta lista se

encuentra vinculada con la base de datos de precios unitarios de materiales, por lo que también indica el costo unitario y total de cada recurso enlistado. A continuación, se muestra una sección de esta pestaña.

LISTA DE MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bloques de Concreto Clase A 10x20x40	uds	76.00	€ 390.00	€ 29,640.00
Bloques de Concreto Clase A 12x25x25	uds	0.00	€ 390.00	€ -
Bloques de Concreto Clase A 12x20x40	uds	0.00	€ 390.00	€ -
Bloques de Concreto Clase A 15x20x40	uds	2250.00	€ 500.00	€1,125,000.00
Bloques de Concreto Clase A 20x20x40	uds	0.00	€ 640.00	€ -
Cemento Fuerte Holcim 50kg	sacos	1333.67	€ 5,950.00	€7,935,342.16
Arena Corriente de Tajo	m3	77.44	€ 16,000.00	€1,239,040.28
Piedra Gruesa	m3	1.00	€ 21,000.00	€ 21,000.00
Piedra Quinta de Tajo	m3	144.75	€ 17,000.00	€2,460,818.59
Plástico Negro 4m de Ancho	m3	15.00	€ 570.00	€ 8,550.00
Malla Electrosoldada 3.80mm (2.20x6m)	uds	0.00	€ 11,300.00	€ -
Malla Electrosoldada 4.88mm (2.20x6m)	uds	0.00	€ 19,000.00	€ -
Malla Electrosoldada 5.30mm (2.50x6m)	uds	0.69	€ 25,000.00	€ 17,361.11
Malla Electrosoldada 6.35mm (2.50x6m)	uds	0.00	€ 42,000.00	€ -
Varilla #2	uds	2.00	€ 1,300.00	€ 2,600.00
Varilla #3	uds	564.00	€ 1,520.00	€ 857,280.00
Varilla #4	uds	7.00	€ 2,700.00	€ 18,900.00
Varilla #5	uds	21.00	€ 4,220.00	€ 88,620.00
Varilla #6	uds	0.00	€ 6,070.00	€ -
Varilla #7	uds	0.00	€ 8,260.00	€ -
Varilla #8	uds	0.00	€ 10,790.00	€ -
Varilla #9	uds	0.00	€ 13,740.00	€ -
Varilla #10	uds	0.00	€ 26,080.00	€ -
Alambre Negro	kg	202.36	€ 700.00	€ 141,650.88

Figura 41. Ejemplo de la pestaña "Lista de materiales" del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Creación de base de datos de precios unitarios

Dentro de las debilidades identificadas en el estudio de la situación actual de la empresa constructora, se encuentra el faltante de una base de datos de precios que pueda ser utilizada a la hora de realizar una estimación de costos. Cuando se está presupuestando un proyecto, se pasa por una fase de "tanteo" de precios, siguiendo la técnica de juicio de expertos, y otra fase en donde se deben llamar los proveedores para solicitar precios actualizados, teniendo con esto un proceso más lento que puede llevar un

presupuesto de días a un presupuesto de semanas.

Por ello, debido a que los presupuestos de IASA suelen realizarse utilizando precios de Construplaza, Ferretería EPA y El Lagar, se desarrolla un listado de materiales a utilizar, según el sistema creado anteriormente y se colocan los precios que se encuentran actualmente en el mercado mencionado anteriormente.

Una vez realizada esta base de datos, se procede a vincularlas al sistema de estimación de costos creado anteriormente, de manera que se indique el costo de cada actividad conforme se van colocando los datos requeridos.

En la siguiente figura, se muestra una parte de la base de datos de precios unitarios.

BASE DE DATOS DE PRECIOS UNITARIOS DE MATERIALES					
Descripción	Unidad		Costo Materiales	Costo Subcontrato	Costo Unitario Total
Bloques de Concreto Clase A 10x20x40	uds	€	390.00	€	390.00
Bloques de Concreto Clase A 12x25x25	uds	€	390.00	€	390.00
Bloques de Concreto Clase A 12x20x40	uds	€	390.00	€	390.00
Bloques de Concreto Clase A 15x20x40	uds	€	500.00	€	500.00
Bloques de Concreto Clase A 20x20x40	uds	€	640.00	€	640.00
Cemento Fuerte Holcim 50kg	sacos	€	5,950.00	€	5,950.00
Arena Corriente de Tajo	m3	€	16,000.00	€	16,000.00
Piedra Quinta de Tajo	m3	€	17,000.00	€	17,000.00
Malla Electrosoldada 3.80mm (2.20x6m)	uds	€	11,300.00	€	11,300.00
Malla Electrosoldada 4.88mm (2.20x6m)	uds	€	19,000.00	€	19,000.00
Malla Electrosoldada 5.30mm (2.50x6m)	uds	€	25,000.00	€	25,000.00
Malla Electrosoldada 6.35mm (2.50x6m)	uds	€	42,000.00	€	42,000.00
Varilla #2	uds	€	1,300.00	€	1,300.00
Varilla #3	uds	€	1,520.00	€	1,520.00
Varilla #4	uds	€	2,700.00	€	2,700.00
Varilla #5	uds	€	4,220.00	€	4,220.00
Varilla #6	uds	€	6,070.00	€	6,070.00
Varilla #7	uds	€	8,260.00	€	8,260.00
Varilla #8	uds	€	10,790.00	€	10,790.00
Varilla #9	uds	€	13,740.00	€	13,740.00
Varilla #10	uds	€	26,080.00	€	26,080.00
Alambre Negro	kg	€	700.00	€	700.00

Figura 42. Base de dato de precios unitarios de materiales del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Por otra parte, como se indicó anteriormente, la constructora IASA no cuenta con una base de datos de rendimientos de mano de obra, por ello, para el cálculo de mano de obra, suelen basarse en precios unitarios. Por ejemplo, la mano de obra se calculará por metros cuadrados en el caso de obra gris y acabados, o

por salidas de tomacorrientes en el caso de instalaciones eléctricas.

Debido a ello, se realiza la base de datos de precios unitarios de la mano de obra mostrada en la figura 43, la cual el usuario puede modificar sin problema en un futuro. Esta base de datos se realiza utilizando precios recomendados por el Ing. Harold Miranda Sandoval.

PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA		
Descripción	Unidad	Costo Unitario
Excavación	m3	€ 6,000.00
Trazado	m2	€ 800.00
Limpieza del Capa Vegetal	m2	€ 3,000.00
Movimiento de Tierras (Corte y Relleno)	m3	€ 21,000.00
Ingeniero de Proyecto	mes	€ 766,228.14
Maestro de Obras	mes	€ 850,000.00
Bodeguero planillero	mes	€ 510,818.76
Guarda	mes	€ 510,818.76
Construcción de Obra Gris y Sistema Electromecánico	m2	€ 85,000.00
Instalación de Estructura de Techos y Cubierta	m2	€ 17,000.00
Instalación de Canoas y Hojalatería	m2	€ 2,000.00
Instalación de Pisos y enchapes	m2	€ 4,000.00
Instalación de Paredes Livianas	m2	€ 10,440.00
Instalación de Cielos	m2	€ 6,300.00
Instalación Eléctrica	uds	€ 17,000.00
Pintura	m2	€ 1,500.00
Instalación de Rodapié	m1	€ 1,400.00
Instalación de Entrepiso	m2	€ 3,500.00

Figura 43. Base de dato de precios unitarios de mano de obra del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Validación del sistema de estimación de costos

Al crear un nuevo sistema para el desarrollo de presupuestos, es importante asegurar su buen funcionamiento. En este caso, se tomó el primer presupuesto realizado durante esta práctica profesional y se realizó nuevamente por medio del sistema de estimación de costos.

Es importante destacar que, en esta ocasión, al contar con las cantidades y dimensiones de los elementos, el proceso no se extendió por varios días, a diferencia de la primera

vez en que se realizó este proceso, en su lugar, se tardó solamente un día.

El proyecto de construcción a utilizar es el Edificio de Apartamentos Marisol Blanco, el cual, como se mostró en el cuadro 1, se trata de una edificación de dos niveles.

Inicialmente, al comenzar a utilizar el programa creado, el usuario debe ubicarse en la pestaña “Cantidades” y completar las casillas mostradas en la figura 44. Una vez realizado esto se pasará al cálculo de materiales de cada elemento constructivo, esto en la misma pestaña “Cantidades”.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Área de Construcción (m2)	Dimensiones de Bodega			Duración del Proyecto (mes)
245	70.37	267	5	8	3	6

Figura 44. Ejemplo de uso del sistema de estimación de costos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

En la figura 45 se muestra el detalle de la columna de concreto tipo CC3. Esta columna se utilizará para el explicar el procedimiento a realizar para cada elemento constructivo, a pesar de que cada actividad presenta variantes entre sí, el procedimiento es similar.

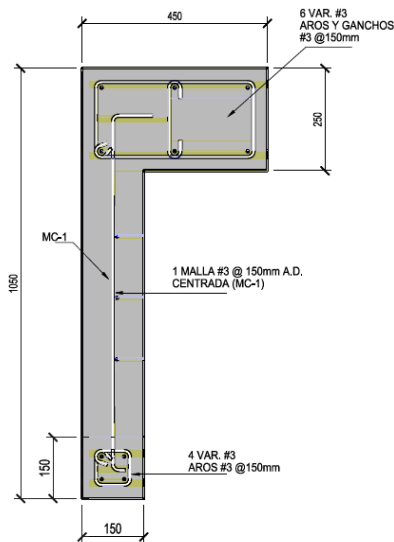


Figura 45. Columna de Concreto tipo CC3.

Fuente: Detalle Suministrado por la Empresa Constructora IASA.

Dentro de la información que el sistema solicita de entrada se tiene:

- Cantidad de columnas.
- Perímetro de la sección transversal.
- Área de la sección transversal.
- Ancho de la columna.
- Altura de la columna.

Esta información se debe colocar en las casillas que se encuentran en la hoja “Cantidades”, como se muestra en la figura 45. Para ello, es importante considerar la simbología mostrada en la figura 16, en donde el color amarillo representa una casilla ligada a una lista desplegable, aquí el usuario debe seleccionar un dato de esta lista.

La lista desplegable mencionada varía con respecto al tipo de actividad, por ejemplo, en el caso de las cimentaciones estas casillas se utilizan para seleccionar el tipo de acero de refuerzo que utiliza cada placa.

Por otro lado, como se muestra en la figura 16, existen otras casillas editables en color gris, es en estas celdas en las que el usuario debe colocar medidas, cantidades y dimensiones. Para guiar al usuario a colocar los datos correctos en cada casilla, se colocó una nota en cada una que indica la información que deben introducir.

Esto quiere decir que, cuando el usuario utilice el sistema, basta con posicionar el cursor sobre la casilla que quiere editar y el sistema le mostrará una nota que indica qué información debe introducir. Esto se refleja en la figura 46. En esta figura, el cursor se encuentra posicionado en una casilla de la actividad CC3 y, de forma inmediata, el sistema muestra la nota “Indicar ancho de columna”.

Área de Terreno (m2)	Perímetro del Terreno (m)	Área de Construcción (m2)	Dimensiones de Bodega			Duración del Proyecto (mes)
245	70.37	267	5	8	3	6

CÁLCULO DE MATERIALES										
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES				COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	REFERENCIA	
CONTRAPISO										
LC	LOSA FLOTANTE DE CONTRAPISO	m2	197.4	0.08	0.15	electrosoldada 5.30mm (2	€ 10,743.78	€ 2,120,821.45	VER	
AC	ACERA DE CONCRETO	ml	17.21	1	0.08	electrosoldada 5.30mm (2	€ 16,386.97	€ 282,019.80	VER	
PAREDES										
TA	TAPIA DE CERRAMIENTO PERIMETRAL	ml	18.65	3.4	12x20x40	pello y Pintura Ambas Car	€ 74,431.68	€ 1,388,150.74	VER	
MC1	MURO DE CONCRETO TIPO MC1 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml	0			Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
MC2	MURO DE CONCRETO TIPO MC2 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml	0			Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
MC3	MURO DE CONCRETO TIPO MC3 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml	0			Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
MM1	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM1 CON ACABADO REPELLO Y PINTURA AMBAS CARAS	ml	216	2.1	12x20x40	pello y Pintura Ambas Car	€ 40,541.22	€ 8,756,904.03	VER	
MM2	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM2 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml			10x20x40	Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
MM3	MURO DE MAMPOSTERÍA TIPO MM3 CON ACABADO SISADO AMBAS CARAS	ml			10x20x40	Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
PP1	PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP1	ml				Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
PP2	PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP2	ml				Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
PP3	PARED DE BALDOSAS DE CONCRETO PREFABRICADAS TIPO PP3	ml				Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
PL1	PARED LIVIANATIPO PL1	ml			2 1/2" CL 20	Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
PL2	PARED LIVIANATIPO PL2	ml			2 1/2" CL 20	Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
PL3	PARED LIVIANATIPO PL3	ml			2 1/2" CL 20	Sisado Ambas Caras	#!DIV/0!	€ -	VER	
COLUMNAS Y MOCHETAS										
CC1	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC1	uds	4	1	0.0625	0.25	3.45	€ 54,164.64	€ 216,658.57	VER
CC2	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC2	uds	2	1.7	0.15	0.25		€ 204,695.91	€ 204,695.91	VER
CC3	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC3	uds	2	1.95	0.2325	0.2		€ 254,908.83	€ 254,908.83	VER
CC4	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC4	uds	8	0.6	0.0225	0.15		€ 219,091.76	€ 219,091.76	VER
CC5	COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC5	uds	18	2	0.1275	0.15		€ 121,100.02	€ 2,180,354.84	VER

Figura 46. Ejemplo de uso sistema de estimación de costos: Introducción de datos.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

En este punto, es importante destacar que estas no son las únicas variantes por considerar al calcular los materiales necesarios para la construcción de la columna CC3, por ello, si se desea hacer cambios más específicos se debe presionar el botón “VER”, el cual se encuentra al lado derecho de cada una de las actividades mostradas en la figura 47.

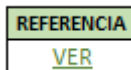


Figura 47. Botón “VER” de referencia para cada actividad del sistema de estimación de costos..

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel

Una vez presionado el botón, el sistema llevará al usuario a la pestaña perteneciente a la actividad CC3 y podrá realizar más cambios y/o introducir datos. Estos cambios mencionados anteriormente, en el caso de las columnas, son:

- Tipo de refuerzo longitudinal y de aros.
- separación de aros.
- resistencia del concreto y porcentaje de desperdicio a utilizar.

La hoja de cálculo es la mostrada en la siguiente figura.

CC3		COLUMNA DE CONCRETO TIPO CC3			
Cantidad de Columnas	2.00			Cantidad de Ref. Longitudinal	10
Perímetro Sección Transversal (m)	1.95			Separación Aros (m)	0.15
Área Sección Transversal (m2)	0.23			Resistencia Concreto	Concreto f'c = 210kg/cm2
Altura de Columna (m)	3.45			Volumen de Concreto	1.764675
Espesor de Pared (m)	0.20			% Desperdicio Concreto	10%
Tipo de Refuerzo Longitudinal	Varilla #3			Tipo de Formaleta	Formaleta Madeta SC 12" 4 Varas
Tipo de Refuerzo Aros	Varilla #3			Recubrimiento (m)	0.05
Materiales					
Cantidad	Unidad		Descripción	Costo Unitario	Costo Total
13.00	uds		Varilla #3	€ 1,520.00	€ 19,760.00
15.00	uds		Varilla #3	€ 1,520.00	€ 22,800.00
4.70	kg		Alambre Negro	€ 700.00	€ 3,292.80
14.00	sacos		Cemento Fuerte Holcim 50kg	€ 5,950.00	€ 83,300.00
0.75	m3		Arena Corriente de Tajo	€ 16,000.00	€ 12,056.26
1.51	m3		Piedra Quinta de Tajo	€ 17,000.00	€ 25,619.55
14.00	uds		Formaleta Madeta SC 12" 4 Varas	€ 5,800.00	€ 81,200.00
0.02	kg		Clavos de Acero de 50mm	€ 11.00	€ 0.21
3.00	uds		Reglas de Madera Semidura 2"x1"	€ 260.00	€ 780.00
6.00	uds		Reglas de Madera Semidura 3"x1"	€ 350.00	€ 2,100.00
1.00	uds		Desmoldante a base de diesel preparado	€ 4,000.00	€ 4,000.00
Total				€	254,908.83

Figura 48. Ejemplo de uso sistema de estimación de costos: Cambios Específicos en las Actividades.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Este procedimiento es el mismo para cada una de las actividades, a excepción del cálculo de materiales para las instalaciones electromecánicas. En este caso, siempre será necesario ir a la hoja de cálculo independiente.

Cabe destacar que, al igual que en la pestaña “Cantidades”, se debe utilizar la misma simbología de la figura 16.

I					INSTALACIONES	
					INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS	
Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total		
5	uds	Cajas de Registro de Concreto 53x53cm	€ 35,000.00	€ 175,000.00		
13	uds	Tubo Presión PVC 4" SDR32.5	€ 40,600.00	€ 527,800.00		
25	uds	Tubo Presión PVC 3" SDR32.5	€ 24,700.00	€ 617,500.00		
	uds	Unión Lisa PVC 4"	€ 3,900.00	€ -		
	uds	Unión Lisa PVC 3"	€ 3,100.00	€ -		
3	uds	Codo 45 PVC Potable Lisa 4"	€ 8,000.00	€ 24,000.00		
	uds	Codo 90 PVC Potable Lisa 4"	€ 9,300.00	€ -		
	uds	Codo 45 PVC Potable Lisa 3"	€ 6,100.00	€ -		
	uds	Codo 90 PVC Potable Lisa 3"	€ 5,800.00	€ -		
	uds	Tee PVC Potable Lisa 4"	€ 12,600.00	€ -		
	uds	Tee PVC Potable Lisa 3"	€ 6,500.00	€ -		
4	uds	Yee Sanitaria PVC Pared Delgada 4" SDR 32.5	€ 6,300.00	€ 25,200.00		
	uds	Yee Sanitaria PVC Pared Delgada 3" SDR 32.5	€ 4,100.00	€ -		
	uds	Reducción PVC Potable 4" x 3"	€ 6,800.00	€ -		
	uds	Reducción PVC Potable 3" x 1-1/2"	€ 4,000.00	€ -		

Figura 49. Ejemplo de uso sistema de estimación de costos: Cálculo de Materiales de Instalaciones Electromecánicas.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Como se observa en la figura 48, el usuario deberá llenar el listado de actividades con las cantidades a necesitar en el proyecto, teniendo como resultado el costo unitario y el costo total.

De igual manera, en la sección de subcontratos y mobiliario, el usuario solamente

deberá seleccionar el tipo de subcontrato o mobiliario a necesitar y colocar en la casilla correspondiente la cantidad, el sistema devolverá el costo unitario y el costo total de esta actividad, como se observa en la figura 50.

CÁLCULO DE MATERIALES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	REFERENCIA	
SUBCONTRATOS	Ventanería Fija 5mm de espesor en vidrio cristal transparente y marcos de alu	m2	21.41	€ 28,000.00	€ 599,480.00	VER	
SUBCONTRATOS	Tanque Séptico 5.5m3 de Mucho Tanque	ml	1	€ 1,290,000.00	€ 1,290,000.00	VER	
MOBILIARIO	Portones eléctricos	ml	8.1	€ 250,000.00	€ 2,025,000.00	VER	
MOBILIARIO	Baranda de Acero Inoxidable de 90m de Altura	uds	17.25	€ 75,000.00	€ 1,293,750.00	VER	
MOBILIARIO	Puerta Principal 1.50x2.10m en MDF	uds	3	€ 80,000.00	€ 240,000.00	VER	
MOBILIARIO	Puerta Secundarias 1.00x2.10m en MDF	uds	8	€ 60,000.00	€ 480,000.00	VER	
MOBILIARIO	Puerta Corrediza de Vidrio Temperado 2.50x2.10m	uds	3	€ 250,000.00	€ 750,000.00	VER	
MOBILIARIO	Inodoro Cadet III American Standard	uds	4	€ 90,000.00	€ 360,000.00	VER	
MOBILIARIO	Lavatorio Modelo Aqualyn de American Standard	uds	4	€ 150,000.00	€ 600,000.00	VER	
MOBILIARIO	Cachera para fregadero modelo Atina de monocontrol marca American Standar	uds	3	€ 35,000.00	€ 105,000.00	VER	
MOBILIARIO	Cachera para Ducha modelo Nilo marca American Standard.	uds	4	€ 60,000.00	€ 240,000.00	VER	
MOBILIARIO	Cachera para lavatorio modelo Nilo marca American Standard.	uds	0	€ 40,000.00	€ -	VER	
MOBILIARIO	Muebles de cocina en melamina hidrofuga de 18mm de espesor y sobre de gran	ml	14.65	€ 218,703.07	€ 3,204,000.00	VER	
MOBILIARIO	Closets en melamina de 18mm de espesor.	ml	0	€ 200,000.00	€ -	VER	
MOBILIARIO	Mueble de Lavatorio en melamina 18mm de espesor.	ml	0	€ 120,000.00	€ -	VER	
MOBILIARIO	Pila de Lavado	ml	3	€ 60,000.00	€ 180,000.00	VER	
MOBILIARIO	Cachera para Pila	uds	0	€ 15,000.00	€ -	VER	
MOBILIARIO	Rodapie 3x1"	ml	170	€ 4,000.00	€ 680,000.00	VER	

Figura 50. Ejemplo de uso sistema de estimación de costos: Cálculo Subcontratos y Mobiliario.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Posterior a esto, el sistema calculará la mano de obra y los costos indirectos para finalmente realizar el cierre del presupuesto. Debido a que IASA calcula los costos de mano de obra utilizando precios unitarios, se presenta una sección en la misma pestaña "Cantidades", en la cual el sistema calcula automáticamente la cantidad a necesitar para cada tipo de mano de

obra. Por ejemplo, en el caso de la construcción de la obra gris y sistema electromecánico, la empresa trabaja con un costo de la mano de obra por metro cuadrado, entonces, para este rubro el sistema devolverá el costo de esta mano de obra para el total de área de construcción introducida en un inicio por el usuario.

En la siguiente figura se muestra la sección de cálculo de mano de obra.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
MANO DE OBRA	Excavación	m3	19,30	€ 6 000,00	€ 115 800,00
MANO DE OBRA	Limpieza del Capa Vegetal	m2	267	€ 3 000,00	€ 801 000,00
MANO DE OBRA	Movimiento de Tierras (Corte y Relleno)	m3	24,4	€ 21 000,00	€ 512 400,00
MANO DE OBRA	Trazado	m2	267	€ 800,00	€ 213 600,00
MANO DE OBRA	Construcción de Obra Gris y Sistema Electromecá	m2	267	€ 85 000,00	€ 22 695 000,00
MANO DE OBRA	Instalación de Estructura de Techos y Cubierta	m2	210,625	€ 17 000,00	€ 3 580 625,00
MANO DE OBRA	Instalación de pisos y enchapes	m2	289,48	€ 4 000,00	€ 1 157 920,00
MANO DE OBRA	Instalación de canoas y hojalatería	m2	210,625	€ 2 000,00	€ 421 250,00
MANO DE OBRA	Instalación de Cielos	m2	200	€ 6 300,00	€ 1 260 000,00
MANO DE OBRA	Instalación Eléctrica	uds	119	€ 17 000,00	€ 2 023 000,00
MANO DE OBRA	Pintura	m2	1034,02	€ 1 500,00	€ 1 551 030,00
TOTAL MANO DE OBRA					€ 34 331 625,00

Figura 51. Ejemplo de uso sistema de estimación de costos: Sección de cálculo de mano de obra.
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Ya con ello, el sistema automáticamente realiza el cierre del presupuesto con la estructura de costos de IASA. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el sistema de estimación creado junto con los costos derivados al realizar el presupuesto de forma manual.

PROYECTO: APARTAMENTOS SRA. MARISOL BLANCO.

Descripción	Costo Según Presupuesto Manual	Costo Según Sistema de Estimación de Costos	Variación(%)
Obras Preliminares	€ 2,652,200.00	€ 1,289,210.00	51.39%
Cimentaciones	€ 3,032,177.16	€ 3,206,933.58	-5.76%
Columnas	€ 2,983,661.32	€ 3,195,265.28	-7.09%
Mochetas	€ 2,777,108.36	€ 2,993,437.58	-7.79%
Vigas	€ 3,741,285.59	€ 3,618,257.65	3.29%
Losas	€ 4,224,203.65	€ 4,586,041.45	-8.57%
Muros	€ 6,142,374.89	€ 10,145,054.77	-65.17%
Techo	€ 4,005,300.00	€ 3,592,150.00	10.32%
Accesos	€ 675,730.00	€ 641,644.47	5.04%
Detalles en Concreto	€ 411,560.00	€ 441,314.78	-7.23%
Acabados	€ 13,958,098.25	€ 11,757,159.52	15.77%
Mobiliario	€ 4,689,000.00	€ 4,689,000.00	0.00%
Sistema Eléctrico	€ 3,102,000.00		
Sistema Mecánico: Aguas Pluviales	€ 1,669,907.10		
Sistema Mecánico: Aguas Negras	€ 2,809,335.00	€ 6,863,080.00	24.61%
Sistema Mecánico: Agua Potable	€ 1,172,210.00		
Otros	€ 350,000.00		

	Total Materiales	€ 58,396,151.32	€ 57,018,549.08	2.36%
-	Mano de Obra	€ 33,357,175.63	€ 34,331,617.50	-2.92%
-	Equipo y Herramienta	€ 1,200,000.00	€ 1,200,000.00	0.00%
-	Transportes	€ 800,000.00	€ 800,000.00	0.00%
5%	Imprevistos	€ 2,919,807.57	€ 1,874,003.33	35.82%
	Sub Total	€ 96,673,134.51	€ 95,224,169.91	1.50%
18%	Utilidad y Administración	€ 17,401,164.21	€ 17,203,350.58	1.14%
	Costo Total	€ 114,074,298.72	€ 112,427,520.49	1.44%
	Costo por m² para el Área de 244m²	€ 467,517.62	€ 460,768.53	1.44%
	DIFERENCIA	-€	1,646,778.23	1.44%
	Tiempo de Estimación de Costos	6días	1días	5días

Figura 52. Resultados de Comparación de Ambos Métodos de Desarrollo de Presupuestos.

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Excel.

Manual de uso del sistema de estimación de costos

Al ser el sistema creado, un programa que debe utilizarse siguiendo una simbología y orden ya definido, se propone un manual de uso en el que se indique al usuario el contenido del sistema y el proceso a seguir para utilizarlo correctamente.

El manual está compuesto por tres capítulos cuyo contenido se resumen a continuación:

1. Descripción del sistema de estimación de costos: en esta sección se describen las diferentes partes de sistema: las hojas de cálculo de cada actividad, la pestaña "Cantidades", la base de datos de precios unitarios de materiales y mano de obra, lista de materiales y las pestañas "Resumen" y "Oferta".
2. Descripción de los pasos a seguir para utilizar el programa: en esta sección se resume el proceso a seguir en siete pasos. Además, se cuenta con una segunda parte en donde se indica al usuario el procedimiento a realizar en caso de requerir alguno de los siguientes cambios en el sistema:
 - a. Agregar actividades.
 - b. Eliminar actividades.
 - c. Modificar costos unitarios de mano de obra o materiales.
3. Descripción de cada una de las actividades que componen el sistema de estimación de costos: En esta última sección, se muestra al usuario los códigos

utilizados para cada una de las actividades. De igual manera, se presenta una breve descripción de cada una de las actividades junto a los datos que se deben modificar en la pestaña correspondiente a cada actividad.

Este manual puede observarse en el apéndice

1.

Análisis de los resultados

Situación actual de la constructora IASA

Para la creación de un sistema que funcione para el desarrollo de presupuestos, se debe considerar dentro del proceso de diseño, una etapa de estudio de la empresa constructora que utilizará dicho sistema. La finalidad de esta etapa es definir las actividades, elementos y procesos que deben implementarse en el programa de manera que se adapte al tipo de proyectos que la constructora IASA suele construir.

Durante la práctica profesional, se realizaron los presupuestos mostrados en el cuadro 1. Como se puede observar en el listado, todos estos presupuestos son construcciones o ampliaciones de máximo tres plantas, por ello, se decide limitar el sistema de estimación de costos a esta cantidad de niveles.

Ahora bien, existe la posibilidad de que esta limitación pueda afectar en la utilización del programa, de igual manera que sucede con el programa de cálculo de materiales creado por el Ing. Juan Carlos Coghi, ya que este último, debido a que solamente funciona para calcular cantidad de materiales para edificaciones de un nivel, no suele utilizarse del todo en la empresa.

Por ello, es de suma importancia que el programa creado sea lo suficientemente flexible para permitir modificaciones en caso de que los presupuestistas de IASA tengan la necesidad de realizar una estimación de costos para edificaciones de más de tres niveles, a pesar de que la programación inicial no sea dirigida principalmente a este tipo de proyectos.

De igual manera, al realizar los presupuestos durante la práctica profesional, se conocieron aspectos como la estructura de costos de IASA, la cual se detalla en el cuadro 2. En esta se puede notar que hay rubros que no están definidos por un porcentaje en específico, en su lugar se tienen rangos, por ello, el sistema

creado debe incluir también una sección en donde se indique el porcentaje a utilizar para cada uno de estos rubros, pues estos suelen definirse al final de cada estimación de costos por el Coordinador de Proyectos, dependiendo de la magnitud del proyecto y ubicación.

Por otro lado, dentro del estudio de la situación actual de IASA se realizó el análisis de brechas mostrado en el cuadro 3. Este se realiza basándose en una situación ideal para la estimación de costos planteada por el autor de esta investigación, tomando como referencia lo indicado por el PMI (2017). Se hace una comparación con la situación actual de la empresa. Como se observa en los resultados del análisis, la constructora IASA difiere con el PMI principalmente en el uso y registro de documentos, es decir, en algunos casos, la empresa tiene las herramientas, pero simplemente no se utilizan, como es el caso de plan de gestión de costos, y, en otros casos, no se cuenta con esta documentación, como es el caso del plan de gestión de calidad o los registros de riesgos y lecciones aprendidas.

Durante la práctica profesional, se conoció la manera en la que la constructora IASA suele trabajar y la perspectiva que sus clientes tienen con respecto a sus trabajos. Esa última es una perspectiva completamente positiva, IASA es reconocida por entregar proyectos de calidad y esto se da debido a que es una empresa que ha tenido altibajos durante todos sus años de experiencia, aprendiendo de sus errores y mejorando la manera de ejecutar sus proyectos, de forma que ambas partes, cliente y contratista, queden satisfechos.

A pesar de todo esto, los estándares de calidad, las lecciones aprendidas y los riesgos que se podrían presentar en algunos proyectos son un tipo de conocimiento que no ha quedado registrado de manera física o digital en la empresa, por lo que los empleados de IASA tienen mucha dependencia del Coordinador de Proyectos para la

toma de decisiones durante la fase de planificación y ejecución de proyectos.

Esta dependencia existente en la fase de planificación afecta, a su vez, el proceso de estimación de costos, pues, dependiendo de la zona, el tipo de edificación o el cliente, suelen realizarse procesos diferentes que se deciden por las mismas lecciones aprendidas. Por ello, es necesario que el sistema creado cuente con varias opciones para los elementos constructivos, por ejemplo, varios tipos de entrepisos o varios tipos de paredes, de manera que durante la realización del presupuesto se tenga esta flexibilidad según la decisión del Coordinador de Proyectos.

En este punto, es importante destacar que esta medida tomada en el sistema de estimación de costos no es una solución para la problemática descrita anteriormente, para esta se recomienda definir los estándares de calidad que representan a IASA, realizar registros de lecciones aprendidas, riesgos y especificar las políticas de estimación de costos con el objetivo de minimizar la dependencia de los trabajadores de la empresa con el Coordinador de Proyectos, sin embargo, para efectos de este proyecto, se implementa la flexibilidad en la estimación de costos.

Programa de cálculo de costos para elementos constructivos

Para dar comienzo con el programa de estimación de costos, se consideran las actividades enlistadas en el cuadro 4. Estas actividades fueron seleccionadas para ser implementadas en el sistema creado, tomando como base los presupuestos realizados durante la práctica profesional. Como se indicó anteriormente, para definir los recursos requeridos en cada una de estas actividades, fue necesario consultar con manuales y el juicio de expertos de IASA para definir el proceso constructivo de cada una de estas actividades, este se muestra en los diagramas de flujo de la figura 5 a la 15.

Ahora bien, para realizar una programación ordenada que ofrezca una fácil comprensión del programa al usuario, se utiliza una hoja de cálculo de Excel para cada uno de los elementos constructivos que podrían llegar a componer un proyecto. Para el desarrollo de cada una de estas hojas de cálculo, cuyo objetivo principal es calcular los materiales necesarios para cada elemento según sus dimensiones, tipo de

refuerzo y demás variantes, se utiliza el documento “Rendimientos de Materiales de Construcción”, publicado por la Escuela de Ingeniería en Construcción en el 2018.

La información de este documento fue transcrita hacia una hoja de Excel nombrada “Memoria de Cálculo”, esto con el fin de desarrollar las fórmulas de Excel de manera que queden vinculados con estos rendimientos. Esto último ofrece flexibilidad al usuario en caso de que en el futuro la Constructora IASA utilice sus propios rendimientos, estos pueden cambiarse sin la necesidad de modificar cada una de las hojas de cálculo realizadas para cada elemento constructivo.

Una vez realizada esta programación para cada elemento constructivo, como se observa de la figura 17 a la 34, se trabaja en una hoja de cálculo que logre unir todas las pestañas realizadas para cada una de las actividades que conforman el proyecto de construcción. Esta hoja creada se nombra “Cantidades”, la cual, como se observa de la figura 35 a la 38, se trata de una plantilla en la cual el usuario deberá rellenar espacios con la información que se solicita en cada celda.

Tras incorporar esta información al programa, cada una de las hojas independientes tomará estos valores de manera automática y realizará el cálculo de materiales necesarios para el elemento constructivo en cuestión. Por ejemplo, si se desea calcular la placa aislada PA1 que se muestra en la figura 17, en la hoja “Cantidades” se debe indicar los siguientes datos en la línea con el Código PA1:

- Cantidad de placas: 1
- Ancho de placa: 0.60m
- Largo de placa: 0.60m
- Profundidad de placa: 0.40m
- Tipo de refuerzo: Varilla #3

Esta información será tomada desde la hoja nombrada PA1 en el programa (figura 17), con ello, calculará los materiales necesarios para la construcción de una placa aislada con esas características y realizará, a su vez, el cálculo del costo de estos materiales, teniendo entonces el costo de esta placa tanto en la hoja “PA1”, como en la hoja “Cantidades”. Todo este procedimiento será realizado automáticamente por el sistema, por lo que el usuario solo debería utilizar la hoja “Cantidades” a la hora de realizar un presupuesto,

a excepción de las veces en las que desee realizar un cambio en la programación más específica, si el caso es este deberá modificar la hoja de cálculo de esa actividad en específico.

Por otro lado, es importante mencionar que, durante el desarrollo del sistema, se tuvo complicaciones con la programación de las instalaciones electromecánicas. Esto debido a que no se encontraron rendimientos de materiales para este tipo de actividad, por lo que se decidió utilizar como referencia el cálculo de materiales para las instalaciones electromecánicas realizado por el Ing. Juan Carlos Coghi, sin embargo, este programa no cuenta con ninguna programación para esta actividad, en su lugar tiene una lista de materiales con dimensiones, tipos y marcas predeterminadas en donde se debe colocar las cantidades de manera manual.

Por ello, para esta actividad, se realiza una hoja de cálculo, la cual, a diferencia de las demás, se trata de un listado de materiales necesarios para la instalación electromecánica, en esta hoja el usuario deberá ir eligiendo el tipo de materiales a necesitar y sus cantidades, de manera que el sistema le devolverá el costo unitario del material y el costo total de las instalaciones.

La realización de esta hoja tiene como objetivo facilitar el proceso de cálculo de materiales para las instalaciones electromecánicas al tener la facilidad de seleccionar, desde esta misma hoja, aquellos materiales (tubos, codos, uniones, etc.) en lugar de tener que buscarlos en el mercado nuevamente para realizar el presupuesto.

Una vez finalizado el cálculo de materiales, se procede al cálculo de la mano de obra, en este aspecto, igual que con los rendimientos de materiales, IASA no cuenta con una base de datos o algún tipo de información sobre los rendimientos de mano de obra, por ello, estos datos no son utilizados a la hora de realizar presupuestos.

Por recomendación del Ing. Harold Miranda Sandoval, este cálculo puede realizarse por costos unitarios, en donde se calcula el costo de la mano de obra según la cantidad de trabajo que se debe realizar, esto utilizando como referencia la base de datos de precios unitarios de mano de obra mostrados en la figura 43.

Posterior a esto, se realiza el cálculo de los costos indirectos y el cierre del presupuesto. Para estos cálculos, el sistema queda abierto a ser modificado por el usuario, por ello, en la figura 38

se observan celdas grises en las que el usuario debe colocar los porcentajes a utilizar para cada rubro (equipo y herramienta, transporte, imprevistos, utilidad y administración). Esto debido a la solicitud de IASA, ya que los porcentajes utilizados para cada rubro suelen variar según el proyecto.

Además, se contempla el rubro de permisos y honorarios, en donde el encargado del presupuesto puede seleccionar si se incluye o no este rubro dentro del presupuesto y el tipo de tarifa que se debe cobrar, según el proyecto, tarifa mínima, tarifa para remodelaciones o la tarifa para proyectos de interés social.

Ya con esto, el presupuesto estaría completo, sin embargo, para facilitar la comprensión de los datos, se crean dos pestañas más nombradas "Resumen" y "Oferta".

La primera fue realizada con el objetivo de simplificar la visualización del costo de cada actividad, esto al eliminar las columnas en donde el usuario debe colocar las dimensiones, en este, de igual manera, se presenta el costo de los materiales, la mano de obra y toda la estructura de costos utilizada para el cierre del presupuesto, incluyendo el porcentaje utilizado por la empresa para el rubro de utilidad y administración, por ello, se crea la hoja nombrada "Oferta", esta última se trata de un resumen más simplificado en donde solo se obtienen los costos totales de materiales y mano de obra, junto con los costos indirectos, todo esto reflejando en cada uno de estos costos el porcentaje de utilidad y administración de la empresa, siendo así, esta hoja la que es mostrada al cliente en la oferta.

Por último, se le ofrece al usuario una lista de materiales, en esta se resumen todos los materiales requeridos para cada una de las actividades del proyecto constructivo. Además, se presenta la cantidad de cada material junto al costo unitario y costo total, como se observa en la figura 41, lo que permite al usuario y la empresa tener conciencia sobre el costo de cada material.

Esto último es información valiosa para IASA a la hora de ejecutar los proyectos, ya que les permite llevar un control de costos y, dependiendo del tipo de material, pueden obtener descuentos al realizar la compra en grandes cantidades.

Además, en el futuro IASA podría utilizar la lista de materiales creadas para realizar un control de materiales que no fueron utilizados en

proyectos anteriores y aún se posee en bodegas, significando un posible ahorro para la empresa.

Base de datos de precios unitarios

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, el sistema devuelve el costo de los materiales para una actividad. Esto se da debido a la creación de una base de datos de precios unitarios de materiales.

En esta base de datos, de la cual se observa una sección en la figura 42, se enlistan todos los materiales a necesitar según los elementos constructivos programados, ya con ello, se procede a colocar los precios unitarios del material o del subcontrato, según sea el caso. Una vez realizado esto, se procede a vincular la programación de cada una de las actividades con esta base de datos de manera que el usuario al colocar cantidades obtenga como resultado el costo unitario y costo total de este elemento constructivo.

De igual manera, como se indicó anteriormente, fue necesario crear una base de datos de precios unitarios de la mano de obra. Esta se realiza con ayuda del Ing. Harold Miranda Sandoval, el cual conoce estos precios unitarios, debido a su experiencia en el mercado.

En la base de datos se considera la mano de obra requerida para un proyecto de construcción de tres niveles, no obstante, el sistema permite al usuario realizar modificaciones como agregar o eliminar mano de obra, así como actualizar los precios unitarios.

Validación del sistema de estimación de costos

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema creado, se propone utilizar un proyecto piloto, en este caso se trata de un presupuesto realizado al iniciar la práctica profesional en la Constructora IASA, por lo que, al no existir algún sistema o plantillas, se debió realizar desde cero de manera manual.

El proyecto seleccionado es la Edificación de Apartamentos Marisol Blanco de dos niveles. Como se muestra en el cuadro 1, en un inicio se tardó 6 días hábiles realizando el presupuesto con el método actual de la Constructora IASA. Esto considerando que se debían sacar medidas, basándose en los planos físicos de la edificación

y, a partir de ello, realizar fórmulas de volúmenes y cantidades para los materiales de cada actividad, además de consultar precios de algunos materiales y subcontratos con el Ing. Harold Miranda Sandoval y el Sr. Bernal Coghi.

Al realizar el presupuesto por medio del sistema de estimación de costos creado, se utilizaron las cantidades ya consideradas para el primer presupuesto. Esto último con el objetivo de, en caso de que existan diferencias significativas en la comparación de ambos presupuestos, asegurar que estas no se dan por diferencias en las medidas y cantidades utilizadas, ya que esto sería un error de medición, mientras que al validar el sistema se intenta detectar errores de cálculo.

A pesar de esto, utilizar las mediciones ya tomadas puede llegar a afectar en el tiempo de estimación del presupuesto, pues bien, existe la posibilidad de que, si se debiese comenzar de cero el presupuesto por medio del sistema creado, se tardaría un poco más, en lugar de un día, que fue lo que se tardó realizando la validación del sistema.

Aquí es importante destacar que fue necesario realizar algunas variaciones en el programa a raíz de la aplicación del programa en el proyecto piloto, dentro de ellas se debió agregar cuatro columnas más, un tercer tipo de techo y tres hojas de cálculo para detalles en concreto. Ya con ello, se resumen los resultados en la figura 52, en donde se observa que el edificio de apartamentos llegó a ofertarse por un monto total de ciento catorce millones setenta y cuatro mil doscientos noventa y ocho colones, mientras que con el sistema se obtuvo un costo total del proyecto de ciento doce millones cuatrocientos veintisiete mil quinientos veinte colones, esto representa una diferencia de aproximadamente un millón seiscientos cuarenta y seis mil colones.

Esta diferencia puede haberse dado por varias razones, al ya haber aclarado que las mediciones no son la variación, se debe a algún error de cálculo, por ello, se realizó una revisión los ambos presupuestos en donde se descubre que, para el primer presupuesto, dentro del cálculo de materiales se consideraron actividades que solamente incluye la mano de obra, tales como la limpieza general, el trazado y limpieza de la capa vegetal. Esto último afecta en el costo, debido a que, en el cálculo de la mano de obra, los precios unitarios brindados por el Ing. Harold Miranda Sandoval y el Sr. Bernal Coghi incluyen dentro de estos un porcentaje de cargas sociales, mientras

que al considerarlos en materiales no se tomó en cuenta este rubro.

Otro error está en el costo definido para algunos materiales durante el primer presupuesto. Esto debido a que, por la poca experiencia al comenzar la práctica profesional, había varios precios unitarios que fueron utilizados por recomendación del personal de IASA, basándose en su experiencia en el mercado, utilizando entonces precios aproximados, mientras que con el sistema creado se utilizan los precios tomados de ferreterías como Construplaza o EPA.

Debido a esto último, durante el presupuesto se consideró utilizar los mismos costos para el mobiliario, pues, este no se presupuestó detalladamente en un inicio, por lo que, junto con el Ing. Harold Miranda Sandoval, se colocaron precios promedio, según el conocimiento de este profesional en el mercado.

Ahora bien, como se muestra en la figura 52, no se tienen ninguna diferencia considerable en ninguna actividad, a excepción de los muros y tapias. La razón de esto es que el sistema calcula automáticamente el costo del acabado de la pared, tales como sisado, pintura a dos manos, sellador, entre otros, según lo desee el usuario, mientras que, en el primer presupuesto, estos materiales se consideran en el rubro de acabados.

Todo esto lleva a obtener diferencias tanto en los cálculos de materiales como en los cálculos de mano de obra, pero, por la magnitud del proyecto, no se supone que la diferencia sea considerable, no obstante, sería recomendable para la empresa realizar la misma validación del programa de manera que se tengan tres puntos de comparación: costo del proyecto utilizando el método actual, costo del proyecto según el sistema y, por último, el costo real del proyecto. Sin embargo, en este informe no es posible realizar esta validación pues los proyectos presupuestados aún no se ejecutan.

A pesar de esto último, con la comparación realizada para este informe se concluye que el sistema de estimación de costos cumple con su propósito y logra brindar un presupuesto detallado en mucho menor tiempo en comparación al sistema utilizado actualmente.

Manual de uso

Ahora bien, el uso correcto del sistema tiene alta dependencia en la aptitud del usuario para utilizar la herramienta de Excel, por lo que, para facilitar el

entendimiento del programa se realiza el manual de uso mostrado en el Apéndice 1, en el cual el usuario puede encontrar la codificación de cada actividad y una guía de uso para diferentes casos que se puedan presentar a la hora de presupuestar.

Dentro de esta guía, se presentan los pasos a seguir para el correcto uso del programa iniciando con la descripción de las diferentes secciones del programa, como la lista de materiales, la pestaña “Cantidades” o la base de datos.

Posterior a esta descripción, se encuentra el capítulo II. Este capítulo se realiza de manera que sea fácil de comprender por el usuario, por ello, se señala el procedimiento para desarrollar un presupuesto en siete pasos. Además, se muestra la simbología de colores a utilizar y la función de los botones, de manera que el sistema no se convierta en un programa complicado para el usuario.

De igual manera, en el mismo capítulo se muestra una parte de procedimiento a realizar si se desea agregar o eliminar actividad y cambiar precios unitarios. Esta sección es de suma importancia, considerando que todos los proyectos son diferentes y, a pesar de que se utilizó el prototipo de proyecto que la empresa construye para realizar el programa, no siempre se necesitarán las mismas actividades. Por ello, se guía al usuario a entrar en la programación del sistema para agregar nuevas actividades y asegurar que estas se vinculen al resto del sistema como a la lista de materiales o la base de datos de precios unitarios.

Por último, se presenta una tercera sección en la cual se describe cada una de las actividades existentes en el sistema. Esta sección se realiza con el objetivo de mostrar al usuario la información que puede modificar en cada una de las hojas de cálculo de las actividades.

En esta última sección, se indica también la información que contiene cada una de las actividades inicialmente. Esto debido a que, para facilitar el proceso de estimación de costos en un futuro, el sistema creado para IASA llevará datos que se apegan a la manera en que la empresa suele construir. Por ejemplo, en el caso de los muros de mampostería, dentro de los datos que el usuario debe introducir, se encuentra el tipo de refuerzo vertical y horizontal, por lo que el sistema tendrá de manera predeterminada la varilla #3, ya que es el tipo de refuerzo que la constructora

utiliza en sus paredes de mampostería, no obstante, el sistema queda sujeto a cambios que pueda realizar el usuario.

De igual modo, el programa fue presentado al personal de IASA de manera detallada, esto con el objetivo de resolver sus dudas y atender a sus comentarios sobre el programa, dando con esto los últimos ajustes al

sistema y finalmente ser entregado a la empresa para su uso.

Conclusiones

1. Actualmente, la Constructora IASA, al no contar con un sistema de estimación de costos definido, convierte esta actividad en un proceso de larga duración que depende en su mayoría de la experiencia del presupuestista y lecciones aprendidas de proyectos anteriores.
2. Se desarrolló un sistema de estimación de costos en la herramienta Excel, ajustada al prototipo de proyectos de IASA, que permite estandarizar el proceso, llegar a un nivel mayor de detalle, ofrece flexibilidad a modificaciones en el alcance antes o durante la ejecución del proyecto, obteniendo resultados en un menor plazo con respecto al método utilizado actualmente.
3. El sistema de estimación de costos creado cuenta con una sección de precios unitarios, en la cual se incluyen precios de materiales, subcontratos y mano de obra, de manera que se evita una serie de consultas de precios a proveedores y subcontratistas, disminuyendo la dependencia existente en el ingeniero director y el coordinador de proyectos.
4. Aplicando la herramienta diseñada, considerando como proyecto piloto el Edificio de Apartamentos Marisol Blanco, no se obtienen grandes diferencias de costos en los resultados del presupuesto realizado según ambos métodos, por lo tanto, el sistema creado cumple su objetivo de desarrollar la estimación de costos de manera detallada y en un tiempo menor en comparación al método utilizado en la actualidad por la empresa.
5. El sistema de estimación de costos creado estandariza el proceso de desarrollo de presupuestos, por lo tanto, se realiza un manual de uso, tanto para enseñar al usuario a utilizar la herramienta correctamente, como para instruirlo a adaptar la herramienta a futuros proyectos de IASA.

Recomendaciones

1. Se recomienda que la Constructora IASA realice en un futuro una segunda validación, en donde se considere el costo del proyecto, según el sistema creado y el costo real de la obra.
2. Para disminuir la dependencia del presupuestista en los demás profesionales de la empresa, se recomienda a IASA desarrollar una base de datos en donde se especifiquen los porcentajes utilizados para cada rubro del cierre del presupuesto, tales como transporte, equipo y herramientas e imprevistos.
3. Para obtener un presupuesto más preciso, sería ideal contar con los rendimientos de materiales y mano de obra propios de la empresa. Por ello, se insta a IASA a realizar mediciones de sus rendimientos dejando el sistema abierto a futuras modificaciones.
4. Se recomienda al encargado de realizar los presupuestos mediante el sistema creado, hacer las actualizaciones necesarias para procurar que su funcionamiento continúe siendo útil para la empresa. Esto considerando que las bases de datos fueron creadas con respecto al mercado actual de Costa Rica.
5. Para procurar el correcto uso y funcionamiento del sistema, se recomienda a la empresa capacitar a los futuros miembros de su equipo de trabajo, con el fin de que este no sea utilizado solamente por una persona, ya que podría llegar a convertirlo en un profesional indispensable para el desarrollo de presupuestos por medio del programa.

Apéndices

Apéndice 1: Manual de uso del sistema de estimación de costos.

Referencias

- Botero, L. 2002. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. Universidad EAFIT.
- Chamoun, Y. 2002. Administración profesional de proyectos. La Guía. México: Editorial McGraw-Hill.
- Cohen, E., Franco, R. (1988) Evaluación de Proyectos Sociales. Buenos Aires, Argentina. Grupo Editor Latinoamericano.
- Escuela de Ingeniería de Construcción. (2018) Rendimientos de Materiales de Construcción. Cartago, Costa Rica.
- Metalco. (s.f.) Metaldeck Manual Técnico. Costa Rica.
- MT Sistemas Prefabricados de Costa Rica. (s.f.) Prefabricado Manual de Construcción. San José, Costa Rica.
- Project Management Institute. 2017. A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Newtown Square, Pennsylvania. Project Management Institute.

