SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

# Asesoría para realizar un análisis costo beneficio de las tecnologías y métodos productivos "cero emisiones" para la fabricación de productos sustitutos al ladrillo rojo artesanal en México

Coordinación General de Crecimiento Verde

2018

## Directorio:

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)**
Dra. María Amparo Martínez Arroyo
Directora General

**Coordinación General de Crecimiento Verde**
Mtro. Miguel Gerardo Breceda Lapeyre
Coordinador General

**Revisión y supervisión**
Mtra. María del Pilar Salazar Vargas
Directora de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales
Coordinación General de Crecimiento Verde
INECC

**Realización**
Dr. Eduardo Zelaya de la Parra

D.R. © 2018 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Boulevard Adolfo Ruíz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña
C.P. 14210, Delegación Tlalpan, México, Ciudad de México
http://www.gob.mx/inecc

## Contenido

Resumen ejecutivo ..... 4

1. Marco conceptual y antecedentes ..... 9

2. Tecnólogos participantes ..... 12

3. Metodología ..... 12

4. Información recabada ..... 15

5. Análisis de la Información ..... 20

6. Análisis determinístico ..... 22

7. Análisis de Riesgo ..... 31

Conclusiones ..... 46

Anexo 1 ..... 48

Anexo 2 ..... 51

Referencias ..... 62

## Resumen ejecutivo

Las ladrilleras artesanales ubicadas en zonas rurales y en la periferia de las zonas urbanas (INECC, 2016) son una fuente importante de contaminación con impactos ambientales que se reflejan en altas emisiones de contaminantes criterio y Gases de Efecto Invernadero (GEI), deterioro de los recursos naturales, así como erosión y pérdida de fertilidad de las tierras.

En un estudio reciente del INECC (2018), se identificaron métodos y tecnologías productivas que no generan emisiones de GEI ni CCVC durante el proceso productivo (Tabla 1), las cuales fueron nombradas como "cero emisiones", lo cual no significa necesariamente que no se generen emisiones a lo largo de toda su cadena de valor e incluso, su ciclo de vida.

Tabla 1. Tecnologías identificadas en México como "cero emisiones" para la fabricación de productos sustitutos al ladrillo rojo artesanal

| Producto | Descripción | Institución/ empresa/persona |
|---|---|---|
| Bloque de Tierra Compactada (BTC) | Tabiques de tierras adicionadas con cal y en ocasiones con zeolitas, de acuerdo con la capacidad de cementación que tiene originalmente la tierra una vez que se adiciona la cal. | Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad del Hábitat. / Dr. Gerardo Javier Arista González. |
| Ladrillo a partir de RSU. *Technoblock* | Ladrillo sin cocción a partir de residuos sólidos urbanos, con alta resistencia a la compresión, menor absorción de agua y menos peso. | INATEK S.A. de C.V. (INATEK, 2016) |
| Ladrillo a base de tierras, bio-polímeros y RSU (Echerhirhu) | Ladrillo ecológico a base de tierras, baba de nopal y residuos sólidos urbanos. La baba de nopal se trata previamente para formular el biopolímero que interactuará con la tierra (geo-polímero), lo cual le confiere características únicas, como una capacidad de compresión en piezas de 8x12x24 cm. | Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, Michoacán. Dr. Javier Guillén y Dr. Erick García |
| Eco ladrillo T02K | Producción de ladrillos ecológicos a base de tepetate agregado y prensado (10t/cm$^2$). De ahí pasa a un sistema pasivo de curado a base de adición de humedad y paso por invernadero. El proyecto nace en la Universidad y fue cobijado en una incubadora, Ganó primeros lugares de innovaciones en el país y en el foro internacional de la Laureate International | Eco-ladrillos México. Taller de Arquitectura Sustentable T02K. Arq. Aldo Castillo y Arq. Cristian Xolalpa. |

| Producto | Descripción | Institución/ empresa/persona |
|---|---|---|
| | Universities.<br>El ladrillo estándar es de dimensiones 15x15x30cm con un peso de 5.5 kg. El rendimiento es de 15 o 16 piezas/$m^2$. Su conformación es tipo lego con orificios amachimbrados para ductería y castillos ahogados. Es hasta 30% más económico que el ladrillo cocido. | |
| Bloque de Tierra Comprimida (BTCO) | Mezcla de tierra estabilizada orgánicamente para su posterior compresión. La mezcla está constituida por diversos componentes del suelo, principalmente suelo arcilloso, limoso y arenoso que puede encontrarse normalmente en las zonas donde se realiza construcción y a la que se le dosifica con mezcla de mucílago de nopal o acíbar de sábila. | Universidad Autónoma de Tamaulipas- Dra. Yolanda Aranda |
| "Recobloque" con residuos de construcción | Sin cocción, utiliza residuos de la construcción y la demolición como materia prima y energía solar para el secado. | Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2016). Instituto de Ingeniería. |

Fuente: INECC, 2018 con base en CONACYT, 2017.

El presente proyecto se enfocó en una evaluación financiera y de riesgos económicos de algunas de estas tecnologías, con prioridad para aquellas desarrolladas por Universidades y centros de investigación, con base en la información proporcionada por sus propios desarrolladores. Asimismo, el objetivo de este análisis es mostrar cuales son los elementos económicos mínimos con los cuales pueden operar en el mercado de forma financieramente sustentable.

Los productos sustitutos "cero emisiones" se han mantenido al margen de las discusiones de la problemática de las ladrilleras artesanales en el país, y con este tipo de estudios, aunque iniciales, se intenta posicionarlos, no solo en estas discusiones sectoriales, sino también en el desarrollo de políticas públicas locales y nacionales. Además, este informe busca ofrecer elementos para identificar procesos que pudieran mejorarse para hacer competitivo al producto en el mercado.

Debido a la heterogeneidad de la información recibida y al desconocimiento de las preferencias de los consumidores, basadas en las características técnicas de cada producto, no es posible ni recomendable hacer comparaciones directas, ni establecer una clasificación entre los diferentes productos alternos. Por el contrario, este documento busca ofrecer información económica inicial y recomendaciones

preliminares de mercado a productos sustitutos del ladrillo, ambientalmente más sustentables, por lo que la información ingenieril y de cumplimiento queda fuera del alcance de este documento.

Para contar con los elementos necesarios para evaluar la viabilidad económica de productos sustitutos del ladrillo artesanal, se realizó el análisis costo beneficio contenido en este reporte y dividido en dos etapas:

a) En la primera se recopila la información y
b) En la segunda se realiza un análisis costo beneficio complementado por un análisis de riesgo de los proyectos.

De las tecnologías identificadas como "cero emisiones", solo fue posible obtener información suficiente para tres de ellas: Bloque de Tierra Compactada (BTC), Ecoladrillo® y Echerhirhu.

El análisis realizado para esas tecnologías incluye la estimación de los siguientes indicadores:

- VPN: Valor Presente Neto
- TIR: Tasa Interna de Rendimiento
- B/C: Relación Beneficio Costo
- EA: Equivalente Anual

El análisis revela que las tres tecnologías analizadas tienen potencial comercial, dado que todas presentan resultados positivos en el análisis costo beneficio y el análisis de riesgo económico, lo que señala una ventana de oportunidad económica para la ejecución de proyectos "cero emisiones" en el sector y localiza las necesidades económicas, operativas y de mercadeo que requerirían desarrollarse para el fortalecimiento de estos proyectos (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores financieros y de riesgo económico

| Indicador | BTC | Ecoladrillo® | Echerhirhu |
|---|---|---|---|
| VPN Esperado* | $818,908 | $1,761,295 | $434,969 |
| B/C Esperada* | 1.03 | 1.076 | 1.06 |
| Probabilidad VPN < 0* | 31.6% | 11.5% | 22.4% |
| Precio de Venta por Millar | $7,300 | $11,500 | $2,600 |
| TIR | 23.6% | 35.1% | 26.7% |
| EA | 222,627 | 402,512 | 90,553 |
| Resistencia ($Kg/cm^2$) | 60 | 90 | 76 |
| Medidas (cm) | 15x30x10 | 30x15x15 | 7x12x24 |
| Piezas/$m^2$ de construcción[1] | 33 | 22 | 60 |

*Se refieren a indicadores generados a partir del análisis de riesgo, el resto son indicadores determinísticos. Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Estos resultados son consistentes con las características propias de cada producto, como se indica a continuación:

### BTC

Es un producto con alto potencial de rentabilidad, como lo indica su VPN esperado de 3.51 millones, al 95% de probabilidad. A pesar de que el precio por millar es alto, es 37% más bajo que el del Ecoladrillo®. Es relevante indicar que se requieren mejorar los datos de mercado, por lo que sería recomendable empezar a producir BTC y colocar el producto entre empresas desarrolladoras interesadas en generar alternativas de construcción más sustentables.

### Ecoladrillo®

Sus indicadores financieros son altamente positivos, sin embargo, sus altos costos de operación hacen necesario vender al precio más alto de todos; el probable impacto del precio en la demanda podría ser mitigado por su alta resistencia y el bajo número de piezas por metro cuadrado requeridas. Este producto es el único comercializado en el mercado y resulta relevante observar su desempeño, como ejemplo para los otros productos "cero emisiones" que deseen incursionar en el mismo.

[1] Este estimado no considera el mortero.

Para este producto los indicadores de rentabilidad también resultaron positivos y dado su bajo precio de venta, casi a la par con el de los ladrillos tradicionales, es posible que, una vez ejecutado logre alcanzar niveles de demanda un poco más altos que los supuestos en este análisis, en cuyo caso la rentabilidad mejoraría substancialmente y el riesgo bajaría a niveles mínimos. Los desarrolladores de esta tecnología están interesados en seguir trabajando a fin de capacitar, probar y transferir tecnología a los productores de ladrillo artesanal, con el objetivo de llevar a cabo proyectos demostrativos de transformaciones productivas viables.

Como punto final de este análisis debe enfatizarse la importancia de un esfuerzo adicional para mejorar la calidad de la información relativa a la operación en escala industrial de estas tecnologías. La evaluación financiera de los proyectos muestra las características que diferencian cada tecnología, sin embargo, la imprecisión en parte de la información recabada hace necesario el desarrollo de estudios e información de mayor profundidad, en particular la relativa a la demanda potencial. Esta información permitiría contar con mayores elementos técnicos que contribuyan a la toma de decisiones privadas y sociales en materia de transformación productiva en la actividad ladrillera.

# 1. Marco conceptual y antecedentes

En México existen alrededor de 17 mil hornos tradicionales para la producción de ladrillo ubicados, sobre todo, en localidades rurales y en la periferia de las zonas urbanas (INECC, 2016). Típicamente, los hornos se localizan en terrenos arrendados, cuya actividad es sostenida por la demanda generada por el crecimiento urbano, pero que periódicamente son desplazados por este mismo crecimiento. La producción de ladrillos artesanales pertenece al sector informal y sus impactos ambientales se deben a diversos factores económicos, sociales y culturales.

La mayor parte de la producción artesanal se localiza en las regiones centro y centro occidente del país, en la Megalópolis (Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos, Ciudad de México y Estado de México), Jalisco y Guanajuato, en donde se encuentra al 58.64% del total de las 17,054 ladrilleras artesanales del país (INECC, 2016). Es por ello que los Programas de Calidad del Aire (PROAIRES) de áreas metropolitanas, como Toluca y Puebla, consideran a las ladrilleras artesanales como una fuente importante de contaminación.

En términos económicos, los productores cuentan con capacidad financiera limitada y fuerte interacción con intermediarios que se apropian la mayor parte de los beneficios. Además, faltan capacidades técnicas y baja competencia de los productores, hecho que se expresa en productos de poca calidad, limitada mecanización del proceso e ingresos precarios. En cuanto a los impactos ambientales del sector, éstos se reflejan en altas emisiones de contaminantes criterio y GEI, deterioro de los recursos naturales, así como erosión y pérdida de fertilidad de las tierras.

Este conjunto de impactos se debe a la falta de regulación y normalización local, al limitado acceso a tecnologías limpias y eficientes y a la falta de cumplimiento de las reglamentaciones o inexistencia de estas, entre otros aspectos.

Como parte de los retos de la actividad ladrillera en el país, también se encuentran la resistencia al cambio tecnológico, falta de acceso a la seguridad social, trabajo infantil, bajos niveles educativos e impactos negativos en la salud de los productores y residentes cercanos a las ladrilleras. Sin embargo, a pesar de estos problemas, la actividad representa la única fuente directa de ingresos para al menos 17,000 familias en el país.

Actualmente, los principales competidores del ladrillo rojo artesanal son el tabicón, el bloque y el tabique extruido, aunque dichos productos sustitutos atienden nichos de mercado específicos, ya que son característicos en los métodos constructivos de vivienda masiva, construcciones industriales y edificios. Otros nuevos materiales como los tabiques tierra compactada o de materiales residuales, se hallan en una etapa media de su desarrollo tecnológico sin que hayan incursionado masivamente en el mercado (INECC, 2016).

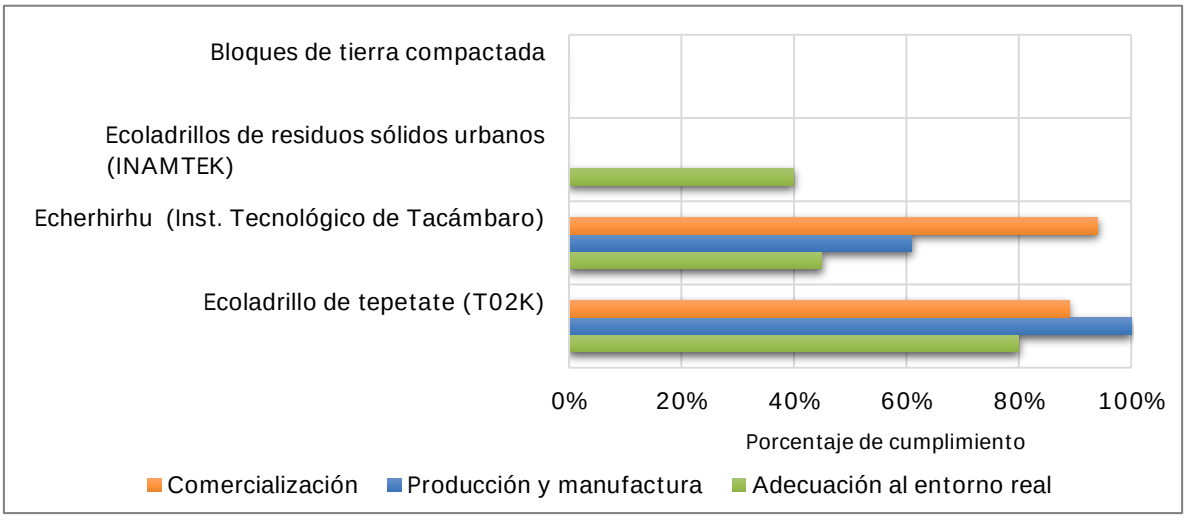
En este sentido, y como parte del estudio del modelo de negocio (INECC, 2018), se reconoció la existencia de métodos y tecnologías productivas que no generan emisiones de GEI ni CCVC durante el proceso productivo, las cuales fueron nombradas como "cero emisiones" (Tabla 1). Sin embargo, se identificó la necesidad de contar con más información económica sobre estas opciones, a fin de contar con elementos técnicos robustos para vislumbrar la ruta más viable y efectiva para la transformación ambiental, tecnológica y económica del sector ladrillero.

Se espera que esta asesoría mejore el estado del conocimiento de las oportunidades de negocio públicas y privadas dentro del sector y, en última instancia, alimentará las actividades sobre el terreno en las principales regiones productoras de ladrillos.

En el estudio de modelo de negocio (INECC, 2018), se reporta el análisis del nivel de madurez tecnológica de algunos de estos productos; este análisis es relevante pues

ilustra que tan cerca están de posicionarse en el mercado, ese encuentra cada uno de ellos. Los resultados se muestran en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Posicionamiento de productos por Nivel de Madurez Tecnológica (NMT)




Fuente: INECC, 2018. Cada una de las tres barras muestra qué tan cerca está la tecnología de cumplir al 100% los tres niveles más altos de la escala de madurez tecnológica, es decir, que tanto han penetrado en el mercado. 100% de cumplimiento de los niveles 7, 8 y 9. El valor máximo es 100%.

Para complementar la información recabada en los estudios y contar con los elementos necesarios para evaluar la viabilidad económica de esos productos sustitutos del ladrillo artesanal, se realizó un análisis costo beneficio, contenido en este reporte y dividido en dos etapas:

1) la primera comprende la recopilación de la información necesaria para la estimación de flujos de efectivo y distribuciones de probabilidad de las variables que los desarrolladores de productos sustitutos identificaron por su alto nivel de incertidumbre, que son elementos indispensables en el análisis costo beneficio y el análisis de riesgo, respectivamente.
2) la segunda etapa incluye el análisis costo beneficio y el análisis de riesgo de los proyectos.

## 2. Tecnólogos participantes

Los siguientes desarrolladores de productos sustitutos fueron invitados a participar en este proyecto, con la prioridad a investigadores de la academia:

Tabla 3. Directorio de instituciones con tecnología objetivo

| Institución o empresa |
|---|
| Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad del Hábitat. |
| Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro (Michoacán) |
| Universidad Autónoma de Tamaulipas |
| Gobierno de Jalisco, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial |
| Eco-ladrillos México. Taller de Arquitectura Sustentable T02K. |
| Polec, S.A, de C.V. |
| Inatek S.A. de C.V. |

Fuente: INECC, 2018.

De estas invitaciones se obtuvo respuesta de todos, con excepción de INATEK y Polec. De los seis restantes, tres entregaron información completa. Las tecnologías impulsadas por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y la Universidad Nacional Autónoma de México aún requieren robustecer cálculos de mercado para poder analizarse económicamente. Por otro lado, el proyecto del Gobierno de Jalisco se basa en un horno escuela que, por sus propias características, no dispone de información suficiente para para poder ser incluido en el análisis costo beneficio.

## 3. Metodología

Información

La recopilación de información incluyó un cuestionario complementado con entrevistas, presenciales y telefónicas (Tabla 4).

Tabla 4. Necesidades de información para el desarrollo del análisis

| Información Solicitada al Desarrollador |
|---|
| Inversión Inicial |
| – Maquinaria y Equipo |
| – Obra Civil |
| – Gastos Preoperativos |
| Precio de Venta |
| Volumen de Ventas |

| Información Solicitada al Desarrollador |
|---|
| Costos Directos |
| – Materia Prima ($/unidad) |
| – Envases ($/unidad) |
| – Energía ($/unidad) |
| Costos Indirectos |
| – Producción |
| – Administración |
| – Venta |
| – Supervisión |
| – Mantenimiento |
| – Seguros |
| – Imprevistos |
| Información Obtenida en Gabinete |
| Depreciación y Amortización Anual para Efectos Fiscales |
| Tasa de Impuestos |
| PTU |
| Tasa de Inflación Anual |
| Tasa de Descuento |

Fuente: elaboración propia.

La información de índole económica se obtuvo a través de trabajo de gabinete. El cuestionario enviado a los tecnólogos se incluye en el Anexo 1 y la información recabada se presenta y describe en la siguiente sección.

Rentabilidad

La viabilidad económica de las tres tecnologías mencionadas al final de la sección anterior se estima por medio de los siguientes indicadores:

Tabla 5. Indicadores de Rentabilidad

| Sigla | Indicador |
|---|---|
| VPN | Valor Presente Neto |
| TIR | Tasa Interna de Rendimiento |
| EA | Equivalente Anual |
| B/C | Relación Beneficio Costo |
| PRI | Periodo de Recuperación de la Inversión |

Fuente: (Park, 2007).

Una breve descripción de estos indicadores es la siguiente:

- El VPN es un estimado del equivalente neto en pesos actuales de todos los flujos de efectivo derivados de la decisión de invertir, tomando en cuenta los tiempos en

los que ocurren y el costo de oportunidad de los inversionistas; el proyecto es rentable si el VPN es mayor que cero.

- La TIR es una medida de la rentabilidad porcentual de la inversión, equivalente a la tasa a la que habría que descontar los flujos de efectivo para que el VPN sea igual a cero; un proyecto es rentable si el valor de la TIR excede el costo de oportunidad que en este caso se considera en proyectos públicos como la tasa social de descuento o en proyectos privados con un 12%
- El EA es el equivalente en anualidades del VPN; el proyecto es rentable si el EA es mayor que cero. Este indicador es muy útil para analizar proyectos que tienen diferente duración.
- La relación B/C es el valor presente de los ingresos del proyecto dividido entre el valor presente de los costos; de acuerdo con este indicador el proyecto es rentable si la relación B/C es mayor que 1, ya que por cada peso que cuesta el proyecto se obtiene el valor de la rentabilidad neta.
- El PRI mide el tiempo necesario para que los beneficios cubran el monto original de la inversión; mientras menor sea el tiempo de recuperación, más atractivo será el proyecto.

El análisis comparativo se hace con el VPN, el Período de Recuperación de la Inversión y los resultados del análisis de sensibilidad.

Debido a la gran incertidumbre en la información relativa a la producción industrial de estos productos, es conveniente realizar un análisis que permita cuantificar el riesgo de las inversiones. Para este propósito, se empleó el método de Montecarlo, el cual es una técnica que involucra el uso de números aleatorios y probabilidades para resolver problemas y permite evaluar de manera iterativa el modelo determinístico al utilizar conjuntos de valores aleatorios como datos de entrada; al usar datos de entrada aleatorios e incorporar distribuciones de probabilidad para cada componente del flujo de efectivo, se convierte el modelo determinístico en un modelo estocástico, es decir, que involucra probabilidades o aleatoriedad.

## 4. Información recabada

Las únicas tecnologías para las cuales fue posible obtener información suficiente para ser usada en la segunda parte del proyecto son las siguientes:

Tabla 6. Tecnologías para las que se realizó el análisis

| Producto | Institución o empresa |
|---|---|
| BTC | Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad del Hábitat. |
| Echerhirhu | Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro (Michoacán) |
| Ecoladrillo® | Taller de Arquitectura Sustentable T02K. |

Fuente: Elaboración propia con datos de INECC (2018).

Ilustración 1. Tecnologías seleccionadas

| BTC | Ecoladrillo® |
|---|---|
| | |
| Echerhirhu | |
| | |

Fuente: fotografías proporcionadas por los desarrolladores.

A través de un cuestionario enviado por correo y por conversaciones telefónicas se recabo la información necesaria para el análisis costo-beneficio. Es importante mencionar que debido a los diferentes niveles de madurez de cada proyecto la información recibida presentó algunas inconsistencias e imprecisiones las cuales

fueron abordadas y atendidas en llamadas telefónicas. La información de los cuadros siguientes es una transcripción de la información recibida[2].

Los incisos 1), 2.a) y 4) tienen por objeto lograr un mejor entendimiento del producto; a través de los demás incisos, con excepción del 14), se busca obtener información necesaria para la estimación de los flujos de efectivo de cada proyecto de fabricación:

a) Inversión inicial total,
b) Duración del proyecto,
c) Potencial de ventas e ingresos esperados durante toda la vida del proyecto
d) Costos fijos y variables

Las respuestas al inciso 14) se usaron para estimar distribuciones de probabilidad subjetivas de aquellas variables que los propios tecnólogos identificaron como las más inciertas.

[2] Esta información ya ha sido parcialmente editada. Los cuestionarios con la información original, sin edición, proporcionada por los tecnólogos se presentan en el Anexo 2.

I. BTC. Dr. Gerardo Javier Arista González, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad del Hábitat.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) Descripción del producto | BTC, Block de Tierra Comprimida, también conocido como adobe estabilizado o mecanizado, a base de Tierra (suelo) la cual debe estabilizarse con cal, cemento, yeso, zeolita, etc. o la combinación de algunos de estos materiales , a los cuales se pueden adicionar aditivos naturales (mucílago, fibras naturales) o sintéticos (emulsión asfáltica, acetato de polivinilo) | | | | |
| 2) Capacidad de Producción | 3,000 | piezas por semana | | | |
| a) Descripción de maquinaria y equipo | Adobera Terrapress 2400 (2 piezas de 15x3010 cm.), Sistema de hueco y dala tipo U, Arrancador 10 H.P., Mezcladora Ital Terra 120, Arrancador 10 H.P., Transportador de materiales 6/18, Arrancador 1.5 HP, Dosificador de agua Counter 76 Lts., Válvula de selonoide ¾", Filtro de línea de 3/4", Molino de martillos T-1, Arrancador 5 H.P., Criba vibratoria 2'x6' (una tela), Arrancador 2 H.P., Carro de 4 ruedas | | | | |
| b) Costo de maquinaria y equipo | 909,190.60 | | | | |
| c) Costo de la obra civil | 2,250,000.00 | | | | |
| d) Tamaño del terreno requerido (m²) | 450 | | | | |
| 3) Vida útil de la maquinaria y el equipo | 5 | | | | |
| 4) Descripción de materias primas y otros insumos | Las materias primas más comunes para la elaboración del BTC son: tierra o suelo previamente seleccionada, cal hidratada para estabilización del suelo, agua y fibra natural (esta última es opcional y sirve para reforzar la unión entre las partículas de tierra). | | | | |
| 5) Costo de cada uno de los insumos (por millar de producto) | 1 | Arcilla | 1,800.00 | (un viaje de 7M3 para producir 1,000 BTC) | |
| | 2 | Cal hidratada | 900.00 | (15 sacos de 33 kg para producir 1,000 BTC) | |
| | 3 | Fibra natural | 300.00 | (10 kg de lechuguilla para producir 1,000 BTC) | |
| | 4 | Agua | 15.00 | (1.5 M3 de agua para producir 1,000 BTC) | |
| | 5 | Total | 3,015.00 | por cada 1,000 piezas BTC | |
| 6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar de pr | 200.00 | $/millar | | | |
| 7) Ciclo de producción (horas requeridas para producir un millar | 4 | horas | | | |
| 8) Personal necesario | | | | | |
| a) Empleados directos necesarios para el proceso de producció | Para una jornada de 8 hrs. y una producción de 2,000 BTC por jornada, la operación de la Terrapress requiere de 1 operador, para el vaciado de materia prima en tolva 2 empleados, para recoger el BTC y llevarlo al área de fraguado 4 obreros, para la trituración y estabilización de la materia prima 4 empleados. En total se requiere de 1 operador y 10 obreros para la producción de 1000 BTC. • 1 operador: sueldo mes 10,000, por sem. 2.500 por hr. 62.50, 1 operador por jornada 500.00 | | | | |
| b) Empleados administrativos (contabilidad, ventas, etc.) | Para un estimado de 2,000 BTC por jornada el personal admvo., de ventas y para reparto sería el siguiente: 1 secretaria, 1 auxiliar administrativo, 1 vendedor, 1 chofer y 1 ayudante.<br>• 1 secretaria: sueldo mes 8,000 por sem. 2,000, por hr. 50.00, 1 secretaria por jornada 400.00<br>• 1 aux. admvo.: sueldo mes 10,000 por sem. 2,500, por hr. 62.50, 1 auxiliar por jornada 500.00<br>• 1 vendedor: sueldo mes 8,000, por sem. 2,000, por hr. 50.00, 1 vendedor, por jornada 400.00<br>• 1 chofer: sueldo mes 9,600, por sem. 2,400, por hr. 60.00, 1 chofer por jornada 480.00<br>• 1 ayudante: sueldo mes 6,400 por sem. 1,600 por hr. 40.00, 1 ayudante por jornada 320.00<br>El total de sueldos de administrativos por jornada es de 2,100.00 y para producir 1,000 BTC es de 1,050.00 | | | | |
| 9) Costo estimado de producir un millar de ladrillos | 1 | Costos de materia prima | 3,015.00 | | |
| | 2 | Consumo de energía eléctrica | 200.00 | | |
| | 3 | Personal de producción | 475.00 | | |
| | 4 | Personal administrativo, ventas y | 1,050.00 | | |
| | 5 | **Total** | 4,740.00 | 4.75 /pieza | |
| 10) Costo estimado de construir un cuarto de 3 x 3 x 2.50 metro | 4,750.00 | sin considerar el pago de mano de obra ni elementos de refuerzo tales como cadenas de desplante, castillos, cadenas de cerramiento o refuerzos ahogados. | | | |
| 11) Precio estimado de venta por millar | 7,000.00 | Considerando que con el precio de venta debe cubrirse la inversión inicial, se prevé un sobrecosto de 50% sobre el costo antes calculado, entonces el precio de venta del millar de BTC sería de 7,000.00 aprox., equivalente al costo actual del ladrillo de barro cocido (de $ 2,500 a $ 3,000/millar, 60 pzas. por M2), pero utilizando menor cantidad de mortero, incluso si el BTC fuera del tipo machihembrado, su colocación no requiere de mortero. | | | |
| 12) Considerando el precio de venta del punto anterior, estime el volumen de ventas que podría logarse en el primer año de operación | 240,000 | | | | |
| 13) ¿Qué tasa de crecimiento (%) en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años? | 15% | Si se considera una tasa de crecimiento anual de 15%, en 5 años alcanzaríamos a cubrir una producción anual de hasta 480,000 piezas equivalente a la capacidad de producción | | | |

| 14) Estimados por percentil de la información sujeta a mayor incertidumbre | | 5% | 50% | 95% |
|---|---|---|---|---|
| a) | Volumen de ventas en el primer añ | 100,000 | 240,000 | 400,000 |
| b) | Costo de la arcilla ($/metro cúbico | 200 | 225 | 300 |
| c) | Costo de la mano de obra ($/hora) | 40 | 45 | 50 |

## II. Ecoladrillo®. Arq. Aldo Castillo y Arq. Cristian Xolalpa. Ecoladrillos México.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) Descripción del producto | tepetate y estabilizado con cementantes y métodos pasivos de curado para garantizar su resistencia estructural y calidad. Las perforaciones del ecoladrillo tienen ventajas constructivas como ser usado como cimbra en lugar de usar madera, permite la incorporación de instalaciones hidráulicas y eléctricas para evitar ranuras. Por lo que sus ventajas no solo son ambientales, si no, | | | | |
| 2) Capacidad de Producción | 7,500 | piezas/semana | 30,000 | piezas/mes | |
| a) Descripción de maquinaria y equipo | Motor eléctrico de 5 HP (220 V) 2F /3F. 2 actuadores hidráulicos de doble acción. Arrancador eléctrico. Sistema neumático de amortiguamiento y calibración de altura. Sistema de protección automático de integridad mecánica del equipo. Kit de matrices para fabricar ladrillo de ensamble tipo LEGO y CANALETA con dimensiones: Largo: 30 cm Ancho: 15 cm Alto: 8-17 cm (Altura ajustable) Kit de matrices para fabricar ladrillo de ensamble tipo LEGO y CANALETA con dimensiones: Largo: 35 cm Ancho: 15 cm Alto: 8-17 cm (Altura ajustable) Calibrador de altura mecánico. Capacidad de producción: 1 pza./ciclo Tiempo por ciclo de operación: 10 segundos. 2.- Revolvedora – Homogeinizador: Revolvedora equipada con 4 brazos y paletas para mezclar agregados. Sistema hidráulico para transmisión de potencia de la revolvedora. Motor de 3 HP 2 F/ 3F. Arrancador para motor eléctrico. Homogeneizador integrado a la revolvedora. Sistema hidráulico para transmisión de potencia del homogeneizador. Unidad externa de potencia hidráulica de alta presión. Centro de mando hidráulico. Capacidad de mezclado de 100 litros / ciclo. Equipada con control de velocidad de mezclado. 3.- Banda transportadora: Equipada con bastidores en "V" con ángulo de inclinación de 35°. Longitud neta de la banda transportadora de 5 metros. Sistema motriz equipado con un sistema de catarinas - cadenas. Sistema mecánico tensor de la banda. Motor eléctrico de 1 1/2 HP 2F /3F. Arrancador eléctrico. Ángulo de operación en un rango de 0° - 35°con referencia al piso. Compatible para transportar materiales secos y semi húmedos. 4.- Tolva Dosificadora: Tolva de dosificación de material con capacidad 2.2 m3. Capacidad de carga de la tolva de 2800 Kg. Cajón dosificador con capacidad de 80 litros (0.08 m3) | | | | |
| b) Costo de maquinaria y equipo | 852,000 | | | | |
| c) Costo de la obra civil | 2,550,000 | | | | |
| d) Tamaño del terreno requerido (m²) | 1,000 | | | | |
| 3) Vida útil de la maquinaria y el equipo | 6 | | | | |
| 4) Descripción de materias primas y otros insumos | 1.- Tepetate que contenga en su porcentaje de limos, arcillas y arena adecuado 2.- Cemento CPC 40 3.- Cal Hidratada 4.- Agua | | | | |
| 5) Costo de cada uno de los insumos (por millar de producto) | 1 | Tepetate | 1,800.00 | | |
| | 2 | Cemento | 4,396.00 | | |
| | 3 | Cal | 409.00 | | |
| | 4 | Agua | 120.00 | | |
| | 5 | | | | |
| 6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar de pr | Prensa hidráulica: 5 hp / Banda Transportadora: 1.5 hp. / Mezcladora Homogeneizador 3 hp / Tolva de dosificación comparte energía con mezcladora. El consumo total son 9.5 hp. Equivalentes a 7.1 KW. La alimentación necesaria se calcula en energía trifásica 220v con calibre de alimentación 8. | | | | |
| 7) Ciclo de producción (horas requeridas para producir un milla | 6.6 | Ladrillo de 15x15x30 | | | |
| 8) Personal necesario | | | | | |
| a) Empleados directos necesarios para el proceso de producció | 1. Encargado de producción salario $ 7,200.00 mensuales | | | | |
| | 2. Operador A de producción salario $ 6,800.00 mensuale | | | | |
| | 3. Operador B de producción salario $ 6,000.00 mensuale | | | | |
| b) Empleados administrativos (contabilidad, ventas, etc.) | 1. Ventas con salario mensual de $ 6,000.00 mensuales + esquema | | | | |
| | 2. Auxiliar Administrativo con salario de $ 6,000.00 mensu | | | | |
| | 3. Arquitecto con salario de $ 8,000.00 pesos mensuales. | | | | |
| 9) Costo estimado de producir un millar de ladrillos | 9,050.00 | | | | |
| 10) Costo estimado de construir un cuarto de 3 x 3 x 2.50 metro | Se realizo el estudio a detalle del sistema constructivo del ecoladrillo, calculando materia, manos de obra, herramientas y equipo. El resultado es el siguiente respaldado por los anexos 1.0 y 2.0 adjuntos a este documento en donde describe cada una de las partidas. Costo de 22.5 m2 colocados de Ecoladrillo equivalente a un cuarto de 3x3x2.5 de altura. $ 19, 165.58 (Diecinueve mil ciento sesenta y cinco pesos 58/100 m.n.) con el ecoladrillo, contra $ 26, 761.54 (Veintiséis mil setecientos sesenta y un pesos 54/100 m.n.). del sistema constructivo del tabique rojo. Teniendo como resultado una diferencia en total de | | | | |
| 11) Precio estimado de venta por millar | 11,500.00 | | | | |
| 12) Considerando el precio de venta del punto anterior, estime el volumen de ventas que podría logarse en el primer año de operación | 360,000 | | | | |
| 13) ¿Qué tasa de crecimiento (%) en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años? | 6 - 10% | | | | |

III. Echerhirhu. Dres. Javier Guillen y Erick García. Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro (Michoacán)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Descripción del producto | "BLOQUES ECHERHIRHU", del purépecha, significa bloques de barro. Consiste en la producción de ladrillos sin cocción. Esta innovación se refiere a la producción de ladrillos sustentables, los cuales son fabricados a partir de residuos sólidos urbanos (papel) que se generen por la población en general y suelos erosionados con contenidos bajos de arcilla, triturados a granulometría menores a 5 mm y una mezcla líquida de mucílago de nopal y cal. | | | | | | | |
| 2) Capacidad de Producción | 8,000 | piezas por semana | | | | | | |
| a) Descripción de maquinaria y equipo | Maquinaria, Moldes 3-D CAD, 6 herramientas, 1 Equipo de cómputo (Impresora, Computadora de escritorio), 1 Equipo de oficina (Escritorio, Silla de escritorio), 4 herramientas. | | | | | | | |
| b) Costo de maquinaria y equipo | 142,000.00 | | | | | | | |
| c) Costo de la obra civil | 200,000.00 | | | | | | | |
| d) Tamaño del terreno requerido (m²) | 200 | | | | | | | |
| 3) Vida útil de la maquinaria y el equipo | 15 | | | | | | | |
| 4) Descripción de materias primas y otros insumos | Tierra | 1 Camión | | | | | | |
| | Cal viva | 1 Ton | | | | | | |
| | Nopal | 175 kg | | | | | | |
| | Papel | 262 kg | | | | | | |
| | Mano de obra | 2 jornaleros | | | | | | |
| | Agua | 1 pipa | | | | | | |
| 5) Costo de cada uno de los insumos (por millar de producto) | 1 | Tierra | 28.5% del Camió | $180 | | | | |
| | 2 | Cal viva | 285.71 kg | $390 | | | | |
| | 3 | Nopal | 50 kg | $140 | | | | |
| | 4 | Papel | 74.8 kg | $170 | | | | |
| | 5 | Mano de obra | 2 obreros | $375 | | | | |
| | 6 | Agua | 1/4 pipa | $70 | | | | |
| 6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar) | | | | | | | | |
| 7) Ciclo de producción (horas por millar de ladrillos) | 5 | | | | | | | |
| 8) Personal necesario | | | | | | | | |
| a) Empleados directos necesarios para proceso de producción | 2 | | | | | | | |
| b) Empleados administrativos (contabilidad, ventas, etc.) | 1 | | | | | | | |
| 9) Costo estimado de producir un millar de ladrillos | 1,325.00 | | | | | | | |
| 10) Costo estimado de construir un cuarto de 3 x 3 x 2.50 ms | | | | | | | | |
| 11) Precio estimado de venta por millar | 2,600.00 | | | | | | | |
| 12) Considerando el precio de venta del punto anterior, estime el volumen de ventas que podría logarse en el primer año de operación | 384,000 | | | | | | | |
| 13) ¿Qué tasa de crecimiento (%) en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años? | 42% | en cinco años | | | | | | |
| | | | | | | 5% | 50% | 95% |
| 14) Estimados por percentil de la información sujeta a mayor incertidumbre | a) | Volumen de Ventas | | | | | | |
| | b) | Tasa de Crecimiento | | | | | | |
| | c) | | | | | | | |

## 5. Análisis de la Información

Debido al nivel de madurez tecnológica de los productos bajo estudio (INECC, 2018), solo parte de la información proporcionada es de tipo factual y por lo tanto verificable, como en el caso del costo de maquinaria y equipo; el resto de la información es estimada con base en la opinión de expertos y aproximaciones de los desarrolladores que, por su propia naturaleza pueden estar sesgadas, como la información de mercado y el precio de ventas.

Por lo anterior y a fin de lograr objetividad en la evaluación, se ha procurado homologar la información proporcionada para cada una de las tres tecnologías, tal como se explicará más adelante. Asimismo, en esta sección se definen los parámetros de tipo económico usados en el análisis.

- Aceptación del mercado y crecimiento potencial. Los tecnólogos tienen expectativas de venta durante el primer año de operación que rondan las 260,000 unidades (promedio de las tres tecnologías) y con crecimiento anual que varía entre 5% y 15%, aunque reconocen que el proceso de penetración del mercado podría ser mucho más lento. Con base en estas expectativas, para el análisis determinístico base se suponen ventas de 260,000 unidades en el primer año y un crecimiento anual de 5%. Para los análisis de sensibilidad y riesgo se supone que las ventas durante el primer año de operación fluctúan entre 100,000 y 300,000 unidades, y el crecimiento entre 0% y 10%[3].
- Precio de Venta. El precio de venta del producto no puede ser tan bajo que el proyecto no sea rentable, ni tan alto que saque al producto del mercado. Para uniformizar los precios, se ha manejado un margen sobre el costo total de operación durante el primer año, de entre 25 y 28 por ciento de acuerdo con el siguiente criterio: El producto con mayor precio (Ecoladrillo®) tiene un margen de 25 por ciento, mientras que el de menor precio (Echerhirhu) tiene un margen de

[3] Un estudio de mercado para cada una de las tecnologías que permita estimar de manera razonable el volumen inicial de ventas y su crecimiento posterior está fuera del alcance de este proyecto.

28 ciento; por razones de mercado y de rentabilidad, no es conveniente ni incrementar más el precio del primero, ni reducir más el del segundo. De acuerdo con estos parámetros, el de los BTC se incrementó.

Tabla 7. Costos Totales de Operación Durante el Primer Año (pesos corrientes)

| | BTC | Ecoladrillo® | *Echerhirhu* |
|---|---|---|---|
| Precio de Venta por Millar | 7,896 | 12,438 | 2,812 |
| Volumen de Ventas (Miles) | 260 | 260 | 260 |
| Costos Variables | 883,862 | 1,910,944 | 281,216 |
| Materias Primas | 847,866 | 1,891,178 | 267,155 |
| Energía Eléctrica | 35,996 | 19,767 | 14,061 |
| Costos Semifijos | 571,120 | 525,374 | 235,105 |
| Mano de Obra | 274,764 | 253,628 | 152,177 |
| Administración | 274,764 | 253,628 | 76,088 |
| Mantenimiento | 21,592 | 18,118 | 6,840 |
| Costos Fijos | 178,532 | 149,805 | 56,556 |
| Depreciación Inversión Inicial | 178,532 | 149,805 | 56,556 |
| Costos Totales de Operación | 1,633,514 | 2,586,123 | 572,878 |
| Costo por Millar | 6,283 | 9,947 | 2,203 |
| Margen Precio/Costo | 26% | 25% | 28% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

- Capacidad de Planta. Se ha fijado la capacidad máxima de producción en 500,000 piezas al año y la duración del proyecto en 10 años para todas las tecnologías[4]. Para estimar el costo de diferentes capacidades de planta se aplicó un factor de economía de escala de 2/3 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Costo\ Planta\ con\ Capacidad\ x = Costo\ Planta\ con\ Capacidad\ Conocida * \left(\frac{Q_x}{Qc}\right)^{2/3}$$

Donde $Q_x$ es la capacidad cuyo costo se desea estimar y $Qc$ la capacidad de la planta cuyo costo se conoce. El factor de escala de 2/3 es común en varios sectores industriales (Tannon et al, 2015).

- Tasa de Descuento. Para la evaluación financiera de este proyecto se usó una tasa de 12 por ciento, que se considera representativa del costo medio de capital de las empresas privadas en México (Amtmann, 2013).

[4] Los equipos para las diferentes tecnologías tienen una vida útil superior a 10 años.

- Tasa de Inflación. Se supone una tasa de inflación para precios y costos de 4 por ciento anual a lo largo de toda la vida del proyecto; los flujos de efectivo se estiman a precios corrientes.

De la Tabla 7 se puede extraer información adicional de gran utilidad relativa al peso de los principales costos fijos y variables en el costo total de operación:

Tabla 8. Porcentaje sobre costo total de insumos específicos

| | BTC | Ecoladrillo® | Echerhirhu |
|---|---|---|---|
| Materias Primas | 847,866 | 1,891,178 | 267,155 |
| % del costo total | 52% | 73% | 47% |
| Energía | 35,996 | 19,767 | 14,061 |
| % del costo total | 2% | 1% | 2% |
| Mano de Obra | 274,764 | 253,628 | 152,177 |
| % del costo total | 17% | 10% | 27% |
| Administración | 274,764 | 253,628 | 76,088 |
| % del costo total | 17% | 10% | 13% |
| Costos Totales de Operación | 1,633,514 | 2,586,123 | 572,878 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Este simple análisis revela posibles errores de estimación o áreas de oportunidad necesarias para incrementar la eficiencia operativa.

## 6. Análisis económico determinístico

La primera parte del análisis de viabilidad económica supone un ambiente de certidumbre completa y usa los estimados proporcionados por los tecnólogos con los ajustes presentados en la sección anterior. Esta evaluación determinística incluye un análisis de sensibilidad a variaciones en el volumen inicial de ventas y su crecimiento posterior, calculando el VPN y la relación B/C para las 36 combinaciones que resultan de variar las ventas iniciales entre 100 y 300 con incrementos de 40 y el crecimiento anual de las ventas entre 0 y 10 con incrementos de 2.

## I. BTC (Bloque de Tierra Comprimida)-UASLP

La información usada para la estimación de flujos de efectivo se resume en la siguiente tabla:

Tabla 9. BTC: Información para estimación de flujos de efectivo

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Periodos Preoperativos | 1 | años | | | | | | | | | | |
| Periodos Operativos | 10 | años | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Periodo** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Inversión Inicial** | | | | | | | | | | | | |
| **-Maquinaria y Equipo** | | 909,191 | | | | | | | | | | |
| **-Obra Civil** | | 1,250,000 | | | | | | | | | | |
| **-Gastos Preoperativos** | | | | | | | | | | | | |
| **Capacidad de Producción Anual** | | 520 | Miles | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa Anual de Depreciación y Amortización para Efectos Fiscales** | | | | | | | | | | | | |
| **Maquinaria y Equipo** | 10% | | | | | | | | | | | |
| **Obra Civil** | 5% | | | | | | | | | | | |
| **Gastos Preoperativos** | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Impuestos** | 35% | | | | | | | | | | | |
| **PTU** | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Inflación Anual** | 4% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Descuento** | 12.0% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Venta por Millar | | | 7,896 | 8,212 | 8,540 | 8,882 | 9,237 | 9,606 | 9,991 | 10,390 | 10,806 | 11,238 |
| Volumen de Ventas (millares) | | | 260 | 273 | 287 | 301 | 316 | 332 | 348 | 366 | 384 | 403 |
| Materia Prima ($/millar) | | | 3,261 | 3,391 | 3,527 | 3,668 | 3,815 | 3,968 | 4,126 | 4,291 | 4,463 | 4,641 |
| Energía ($/millar) | | | 138 | 144 | 150 | 156 | 162 | 168 | 175 | 182 | 189 | 197 |
| Producción | | | 274,764 | 282,457 | 290,366 | 298,496 | 306,854 | 315,446 | 324,279 | 333,358 | 342,692 | 352,288 |
| Administración | | | 274,764 | 282,457 | 290,366 | 298,496 | 306,854 | 315,446 | 324,279 | 333,358 | 342,692 | 352,288 |
| Mantenimiento | | | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% |
| Crecimiento en ventas | | | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Para el caso base se obtienen los siguientes indicadores de rentabilidad:

Tabla 10. BTC: Indicadores de Rentabilidad

| Indicador | Valor |
|---|---|
| VPN | 1,257,892 |
| TIR | 23.6% |
| EA | 222,627 |
| Relación B/C | 1.09 |
| PRI | 4.38 años |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Valores de VPN y EA superiores a cero indican que el proyecto es rentable, lo cual se confirma con una TIR mayor que la tasa de descuento de 12% y una relación B/C mayor que 1. El período de recuperación de la inversión es de 4.38 años.

El análisis de sensibilidad a variaciones en el volumen de ventas inicial y su crecimiento posterior, se muestra a continuación (Tablas 11 y 12).

Tabla 11. BTC: VPN para combinaciones de ventas iniciales y crecimiento anual

| Ventas Iniciales (Miles) | Crecimiento Anual de las Ventas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| 100 | -2,015,979 | -1,876,201 | -1,722,745 | -1,562,793 | -1,393,046 | -1,210,290 |
| 140 | -1,333,600 | -1,156,838 | -970,104 | -766,021 | -542,122 | -295,015 |
| 180 | -727,699 | -514,806 | -279,712 | -20,099 | 266,573 | 583,083 |
| 220 | -149,874 | 110,328 | 397,665 | 714,970 | 1,065,347 | 1,452,192 |
| 260 | 427,950 | 735,462 | 1,075,042 | 1,450,039 | 1,864,120 | 2,186,452 |
| 300 | 1,005,774 | 1,360,596 | 1,752,419 | 2,185,107 | 2,543,806 | 2,776,376 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Tabla 12. BTC: Relación B/C para combinaciones de ventas iniciales y crecimiento anual

| Ventas Iniciales (Miles) | Crecimiento Anual de las Ventas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| 100 | 0.70 | 0.73 | 0.76 | 0.79 | 0.82 | 0.85 |
| 140 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 0.91 | 0.94 | 0.97 |
| 180 | 0.92 | 0.95 | 0.97 | 1.00 | 1.02 | 1.05 |
| 220 | 0.99 | 1.01 | 1.03 | 1.06 | 1.08 | 1.11 |
| 260 | 1.04 | 1.06 | 1.08 | 1.11 | 1.13 | 1.14 |
| 300 | 1.08 | 1.10 | 1.12 | 1.14 | 1.16 | 1.17 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Como puede observarse, la fabricación de BTC será rentable si se cumple la condición de tener un volumen de ventas en el primer año igual o superior a 180,000 y tasa de crecimiento posterior de por lo menos 8 por ciento, o bien, ventas iniciales de 220,000 y tasa de crecimiento posterior de por lo menos 2 por ciento.

## II. Ecoladrillo® T02K

Los flujos de efectivo se estimaron con base en la siguiente información

Tabla 13. Ecoladrillo®: Información para estimación de flujos de efectivo

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Periodos Preoperativos | 1 | años | | | | | | | | | | |
| Periodos Operativos | 10 | años | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Periodo** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Inversión Inicial** | | | | | | | | | | | | |
| **-Maquinaria y Equipo** | | 1,061,761 | | | | | | | | | | |
| **-Obra Civil** | | 750,000 | | | | | | | | | | |
| **-Gastos Preoperativos** | | | | | | | | | | | | |
| **Capacidad de Producción Anual** | | 500 | Miles | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa Anual de Depreciación y Amortización para Efectos Fiscales** | | | | | | | | | | | | |
| **Maquinaria y Equipo** | 10% | | | | | | | | | | | |
| **Obra Civil** | 5% | | | | | | | | | | | |
| **Gastos Preoperativos** | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Impuestos** | 35% | | | | | | | | | | | |
| **PTU** | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Inflación Anual | 4% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Descuento** | 12.0% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Venta por Millar | | | 12,438 | 12,936 | 13,453 | 13,992 | 14,551 | 15,133 | 15,739 | 16,368 | 17,023 | 17,704 |
| Volumen de Ventas (millares) | | | 260 | 273 | 287 | 301 | 316 | 332 | 348 | 366 | 384 | 403 |
| Materia Prima ($/millar) | | | 7,274 | 7,565 | 7,867 | 8,182 | 8,509 | 8,850 | 9,204 | 9,572 | 9,955 | 10,353 |
| Energía ($/millar) | | | 76 | 79 | 82 | 86 | 89 | 92 | 96 | 100 | 104 | 108 |
| Producción | | | 253,628 | 260,730 | 268,030 | 275,535 | 283,250 | 291,181 | 299,334 | 307,715 | 316,331 | 422,745 |
| Administración | | | 253,628 | 260,730 | 268,030 | 275,535 | 283,250 | 291,181 | 299,334 | 307,715 | 316,331 | 325,189 |
| Mantenimiento | | | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% |
| Crecimiento en ventas | | | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Para el caso base los indicadores de rentabilidad son los siguientes:

Tabla 14. Ecoladrillo®: Indicadores de Rentabilidad

| Indicador | Valor |
|---|---|
| VPN | 2,274,281 |
| TIR | 35.1% |
| EA | 402,512 |
| Relación B/C | 1.11 |
| PRI | 3.17 años |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Los valores de VPN y EA son superiores a cero por lo que el proyecto es rentable; este resultado es consistente con una TIR mayor que la tasa de descuento de 12% y una relación B/C mayor que 1. El período de recuperación de la inversión es de 3.17 años.

El análisis de sensibilidad a variaciones en el volumen de ventas inicial y su crecimiento posterior, se muestra a continuación (Tablas 15 y 16).

Tabla 15. Ecoladrillo®: VPN para combinaciones de ventas iniciales y crecimiento anual

| Ventas Iniciales (Miles) | Crecimiento Anual de las Ventas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| 100 | -1,333,155 | -1,177,188 | -1,018,013 | -848,795 | -664,532 | -463,247 |
| 140 | -611,455 | -424,055 | -217,113 | 11,413 | 263,757 | 542,367 |
| 180 | 42,501 | 283,444 | 549,513 | 843,331 | 1,167,774 | 1,510,561 |
| 220 | 696,457 | 990,944 | 1,316,139 | 1,675,250 | 2,039,561 | 2,437,597 |
| 260 | 1,350,414 | 1,698,443 | 2,082,764 | 2,474,939 | 2,882,714 | 3,191,967 |
| 300 | 2,004,370 | 2,405,942 | 2,817,160 | 3,239,030 | 3,562,792 | 3,789,625 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Tabla 16. Ecoladrillo®: Relación B/C para combinaciones de ventas iniciales y crecimiento anual

| Ventas Iniciales (Miles) | Crecimiento Anual de las Ventas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| 100 | 0.84 | 0.87 | 0.89 | 0.92 | 0.94 | 0.96 |
| 140 | 0.94 | 0.96 | 0.98 | 1.00 | 1.02 | 1.04 |
| 180 | 1.00 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.08 |
| 220 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.11 |
| 260 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 1.12 | 1.13 |
| 300 | 1.10 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.14 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Como puede observarse, para que la fabricación del Ecoladrillo® sea rentable debe cumplirse la siguiente condición:

Volumen de ventas en el primer año igual o superior a 140,000 y tasa de crecimiento posterior de por lo menos 6%,

## III. Bloques Echerhirhu

La información usada para la estimación de flujos de efectivo se resume en la tabla 17.

Tabla 17. Bloques Echerhirhu: Información para estimación de flujos de efectivo

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Periodos Preoperativos | 1 | años | | | | | | | | | | |
| Periodos Operativos | 10 | años | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Periodo** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Inversión Inicial** | | | | | | | | | | | | |
| **-Maquinaria y Equipo** | | 284,000 | | | | | | | | | | |
| **-Obra Civil** | | 400,000 | | | | | | | | | | |
| **-Gastos Preoperativos** | | | | | | | | | | | | |
| **Capacidad de Producción Anual** | | 600 | Miles | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa Anual de Depreciación y Amortización para Efectos Fiscales** | | | | | | | | | | | | |
| **Maquinaria y Equipo** | 10% | | | | | | | | | | | |
| **Obra Civil** | 5% | | | | | | | | | | | |
| **Gastos Preoperativos** | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Impuestos** | 35% | | | | | | | | | | | |
| **PTU** | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de Inflación Anual | 4% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Tasa de Descuento** | 12.0% | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Venta por Millar | | | 2,812 | 2,925 | 3,042 | 3,163 | 3,290 | 3,421 | 3,558 | 3,701 | 3,849 | 4,003 |
| Volumen de Ventas (millares) | | | 260 | 273 | 287 | 301 | 316 | 332 | 348 | 366 | 384 | 403 |
| Materia Prima ($/millar) | | | 1,028 | 1,069 | 1,111 | 1,156 | 1,202 | 1,250 | 1,300 | 1,352 | 1,406 | 1,462 |
| Energía ($/millar) | | | 54 | 56 | 58 | 61 | 63 | 66 | 68 | 71 | 74 | 77 |
| Producción | | | 152,177 | 156,438 | 160,818 | 165,321 | 169,950 | 174,709 | 179,600 | 184,629 | 284,698 | 292,670 |
| Administración | | | 76,088 | 78,219 | 80,409 | 82,661 | 84,975 | 87,354 | 89,800 | 92,315 | 94,899 | 97,557 |
| Mantenimiento | | | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% | 1.0% |
| Crecimiento en ventas | | | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% | 5.0% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

El análisis para el caso base produce los siguientes indicadores de rentabilidad:

Tabla 18. Echerhirhu: Indicadores de Rentabilidad

| Indicador | Valor |
|---|---|
| VPN | 511,644 |
| TIR | 26.7% |
| EA | 90,553 |
| Relación B/C | 1.11 |
| PRI | 4 años |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Valores de VPN y EA superiores a cero indican que el proyecto es rentable, lo cual se confirma con una TIR mayor que la tasa de descuento de 12% y una relación B/C mayor que 1. El período de recuperación de la inversión de 4 años.

El análisis de sensibilidad a variaciones en el volumen de ventas inicial y su crecimiento posterior, se muestra a continuación (Tablas 19 y 20).

Tabla 19. Bloques Echerhirhu: VPN para combinaciones de ventas iniciales y crecimiento anual

| Ventas Iniciales (Miles) | Crecimiento Anual de las Ventas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| 100 | -719,461 | -665,662 | -606,328 | -544,185 | -478,542 | -407,878 |
| 140 | -456,624 | -387,142 | -314,753 | -235,977 | -149,671 | -54,561 |
| 180 | -220,365 | -138,424 | -47,938 | 51,985 | 162,323 | 251,915 |
| 220 | 2,035 | 102,186 | 212,779 | 334,908 | 437,535 | 548,172 |
| 260 | 224,436 | 342,795 | 473,497 | 567,291 | 706,720 | 840,440 |
| 300 | 446,836 | 583,405 | 683,675 | 808,533 | 953,327 | 1,035,565 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Tabla 20. Bloques Echerhirhu: B/C para combinaciones de ventas iniciales y crecimiento anual

| Ventas Iniciales (Miles) | Crecimiento Anual de las Ventas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| 100 | 0.70 | 0.73 | 0.76 | 0.79 | 0.83 | 0.86 |
| 140 | 0.83 | 0.87 | 0.90 | 0.93 | 0.96 | 0.98 |
| 180 | 0.93 | 0.96 | 0.99 | 1.01 | 1.04 | 1.06 |
| 220 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.08 | 1.10 | 1.11 |
| 260 | 1.06 | 1.08 | 1.10 | 1.12 | 1.14 | 1.15 |
| 300 | 1.10 | 1.12 | 1.13 | 1.15 | 1.16 | 1.17 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La fabricación de Bloques Echerhirhu será rentable si se cumple la siguiente condición: volumen de ventas en el primer año igual o superior a 180,000 y tasa de crecimiento posterior de por lo menos 6%.

## Análisis conjunto de resultados

Los resultados obtenidos hasta aquí indican que las tres tecnologías son potencialmente rentables y que todas tienen alguna ventaja relativa que hace atractiva su comercialización; esto puede apreciarse a continuación en la que se contrastan algunos de los indicadores más relevantes (Tabla 21).

Tabla 21. Comparativo de Indicadores Determinísticos

| Indicador | BTC | Ecoladrillo® | Echerhirhu |
|---|---|---|---|
| VPN | 1,257,892 | 2,274,281 | 511,644 |
| TIR | 23.6% | 35.1% | 26.7% |
| EA | 222,627 | 402,512 | 90,553 |
| B/C | 1.09 | 1.11 | 1.11 |
| PRI | 4.38 años | 3.17 años | 4 años |
| Venta Inicial Mínima | 180,000 | 140,000 | 180,000 |
| Crecimiento Anual Mínimo | 8% | 6% | 6% |
| Precio de Venta por Millar | $7,300 | $11,500 | $2,600 |

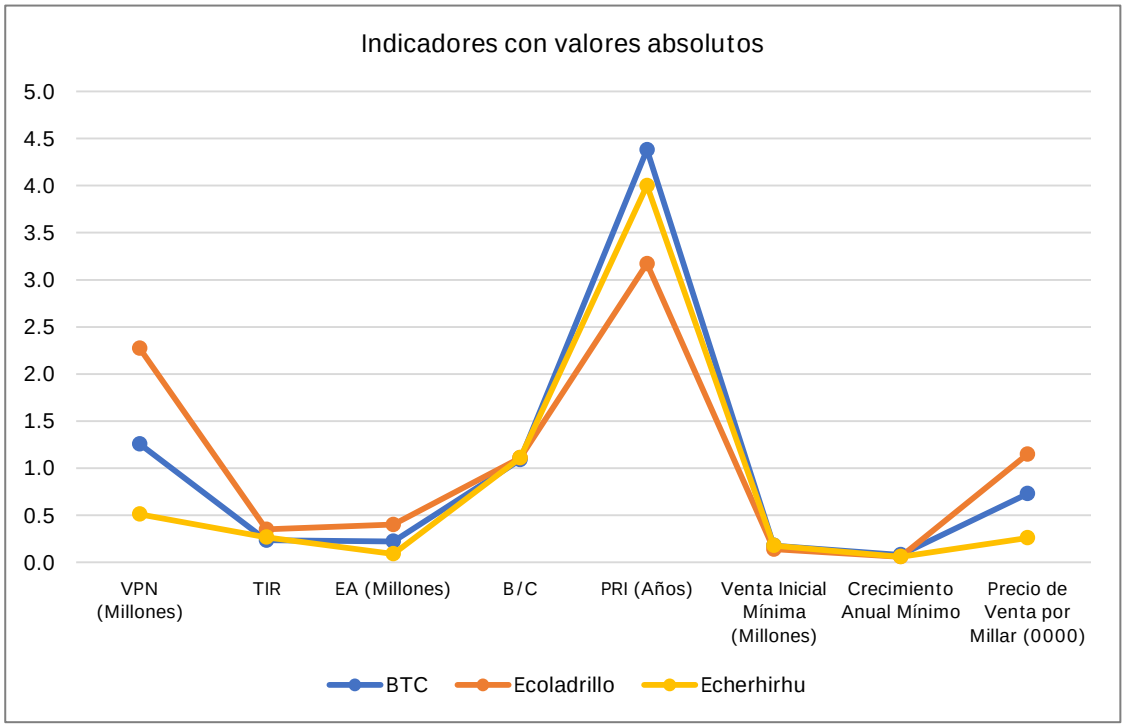
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

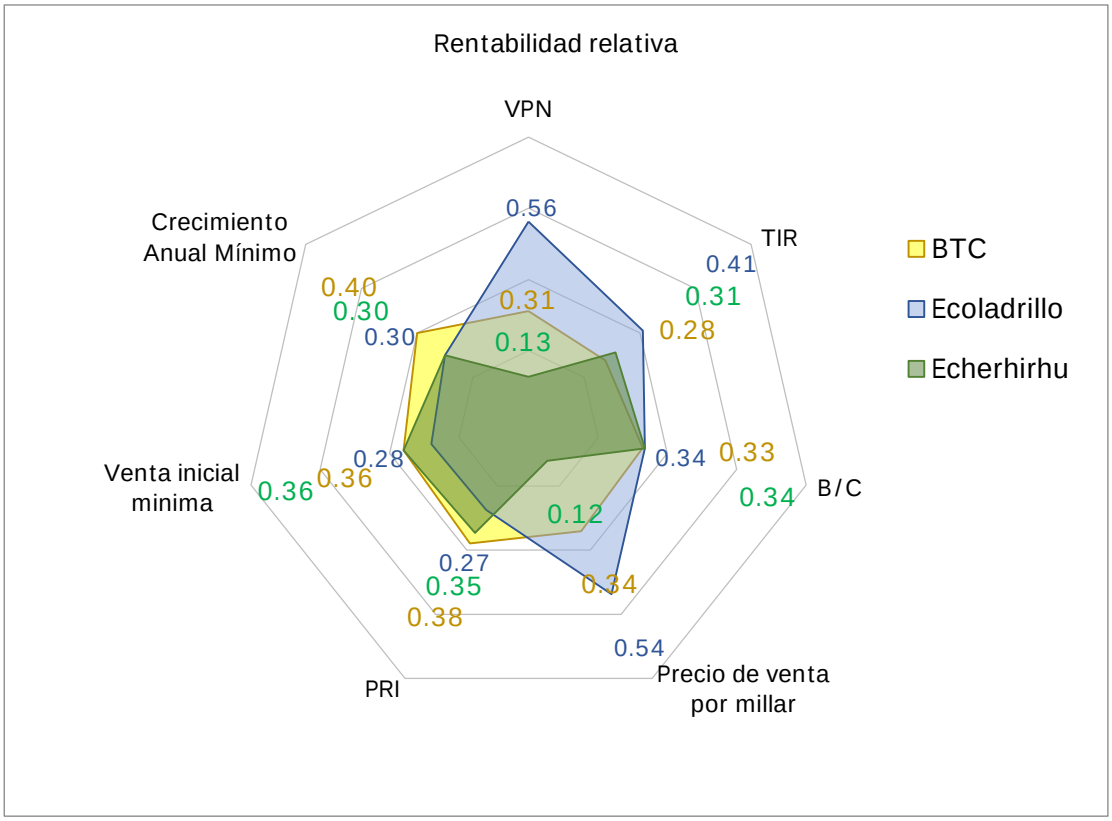
Se observa que:

- Ecoladrillo y BTC tienen los VPN más altos, pero también los precios más altos, lo cual podría incidir tanto en el volumen de venta inicial como en su crecimiento posterior, aunque, como se explica más adelante, los Ecoladrillos logran ahorros en la construcción de más de 28%, lo que podría compensar su alto precio.
- En el otro extremo, los bloques Echerhirhu tienen el VPN más bajo, pero también el precio de venta por millar más bajo de los tres, comparable al del ladrillo artesanal, lo cual podría impulsar sus ventas iniciales; si este fuera el caso su VPN rondaría el millón de pesos, como puede apreciarse en la Tabla 12.

Estos contrastes pueden apreciarse visualmente (Gráfica 2). Es importante denotar que existe una fuerte correlación entre VPN, EA, TIR y el precio. Como es posible apreciar ante precios más alto los márgenes de utilidad resultan mayores. En términos de escalas, el tamaño mínimo de operaciones para garantizar rentabilidad de los proyectos es similar entre las tecnologías. Una de las interpretaciones más relevantes de estos resultados es que las tres tecnologías analizadas son rentables, dados los potenciales desempeños productivos reportados por sus desarrolladores.

Gráfica 2. Indicadores determinísticos de rentabilidad absoluta y relativa




Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

# 7. Análisis probabilístico de riesgo económico

Dada la alta incertidumbre en la información requerida para la evaluación económica y financiera, resulta indispensable realizar un análisis de riesgo con simulación de Montecarlo para determinar el impacto de las variables más inciertas sobre los indicadores de rentabilidad. La relevancia de este análisis radica en la posibilidad de cuantificar el riesgo de invertir en cualquiera de estos proyectos, a través de la probabilidad de obtener un VPN negativo, o su equivalente, una relación B/C menor que 1.

## 6.1 Variables de riesgo

Como primer paso es necesario determinar aquellos componentes de la información que por su variabilidad o por su importancia en los resultados ameritan un análisis más profundo.

Las variables de riesgo usadas en el análisis son:

- El volumen inicial de ventas.
- Crecimiento anual de las ventas
- Costo de la arcilla (solo para BTC)

Con el apoyo de los tecnólogos, se obtuvieron estimados de los percentiles 5%, 50% y 95% de estas tres variables, es decir, estimados bajo, medio y alto de acuerdo con la siguiente definición:

- El estimado del percentil 5%, el más bajo, es tal que hay una probabilidad de solo 5% de obtener valores más bajos,
- El estimado medio es el del percentil 50% y es tal que hay una probabilidad del 50% de obtener valores más bajos, y
- El percentil del 95% es el estimado alto, tal que hay una probabilidad de solo 5% de ser excedido.

Con estos estimados se ajustaron distribuciones de probabilidad tomando en cuenta lo siguiente:

a) Estimados simétricos (la misma distancia del estimado medio al más bajo y al más alto),
b) Estimados sesgados hacia la izquierda (estimado medio menos estimado bajo mayor que estimado alto menos estimado medio), o bien,
c) Estimados sesgados hacia la derecha (estimado alto menos estimado medio mayor que estimado medio menos estimado bajo).

Es importante aclarar que son varias las distribuciones de probabilidad que satisfacen la condición de simetría o de sesgo, por lo que la selección entre ellas será arbitraria, a menos que se cuente con información histórica para poder seleccionar la que mejor se ajuste a los datos. Para ninguno de los tres casos que se describen a continuación se cuenta con información histórica, solamente con los estimados de los expertos y, por lo tanto, hay un elemento de arbitrariedad en la selección de la distribución. Es inevitable que esto afecte los resultados, pero se espera que su efecto sea de poca magnitud.

*Distribución del volumen inicial de ventas*

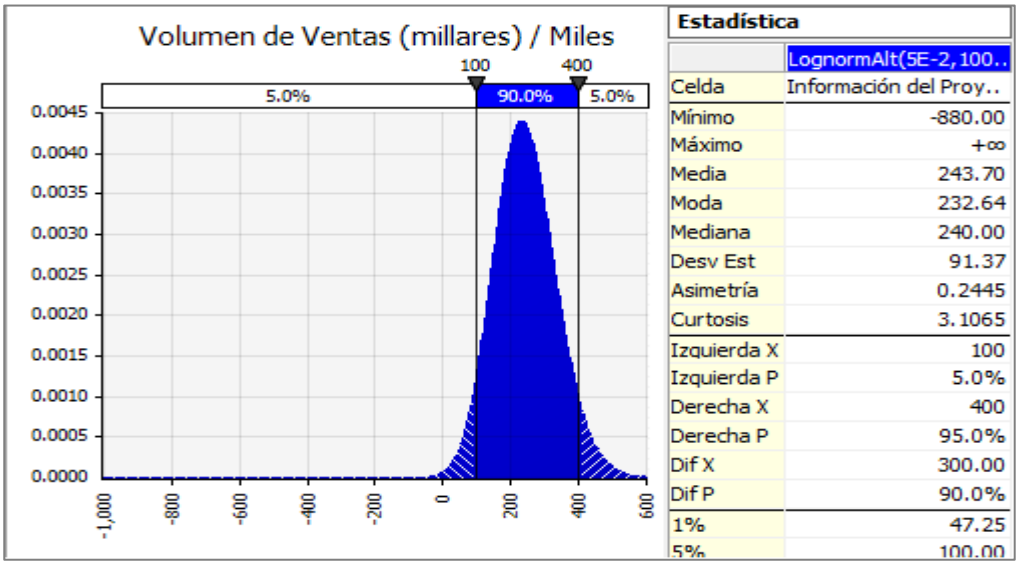
Tabla 22. Volumen de Ventas: Estimados por percentil

| Volumen inicial de ventas | |
|---|---|
| Percentil | Valor |
| 5% | 100 |
| 50% | 240 |
| 95% | 400 |

Fuente: Información proporcionada por los expertos.

Estos estimados tienen un ligero sesgo hacia valores más altos por lo que se debe seleccionar una distribución con esta característica; en este caso se ha seleccionado una Lognormal:

Gráfica 3. Distribución Lognormal del Volumen de Ventas Inicial (miles)




Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La gráfica 3 describe el comportamiento de la distribución Lognormal para los estimados (Tabla 22).

*Distribución del crecimiento anual de las ventas*

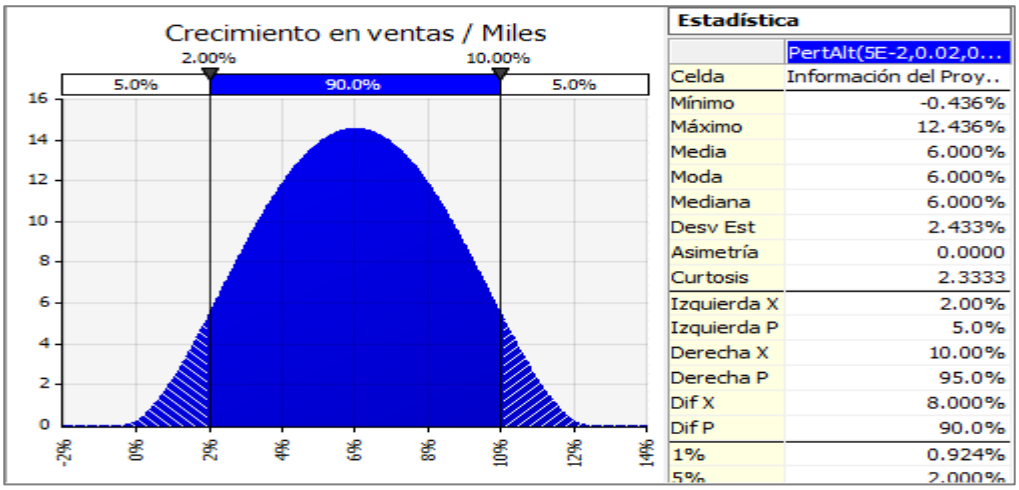
Tabla 23. Crecimiento anual de ventas: estimados por percentil

| Crecimiento anual de las ventas | |
|---|---|
| Percentil | Valor |
| 5% | 2% |
| 50% | 6% |
| 95% | 10% |

Fuente: Información proporcionada por los expertos.

Para estos estimados, por ser simétricos, se seleccionó una distribución Pert

Gráfica 4. Distribución Pert del crecimiento anual de las ventas




| Estadística | |
|---|---|
| | PertAlt(5E-2,0.02,0... |
| Celda | Información del Proy.. |
| Mínimo | -0.436% |
| Máximo | 12.436% |
| Media | 6.000% |
| Moda | 6.000% |
| Mediana | 6.000% |
| Desv Est | 2.433% |
| Asimetría | 0.0000 |
| Curtosis | 2.3333 |
| Izquierda X | 2.00% |
| Izquierda P | 5.0% |
| Derecha X | 10.00% |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 8.000% |
| Dif P | 90.0% |
| 1% | 0.924% |
| 5% | 2.000% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La gráfica 4 describe el comportamiento de la distribución Pert para los estimados que se muestran en la tabla 23.

*Distribución del costo de la arcilla para BTC*

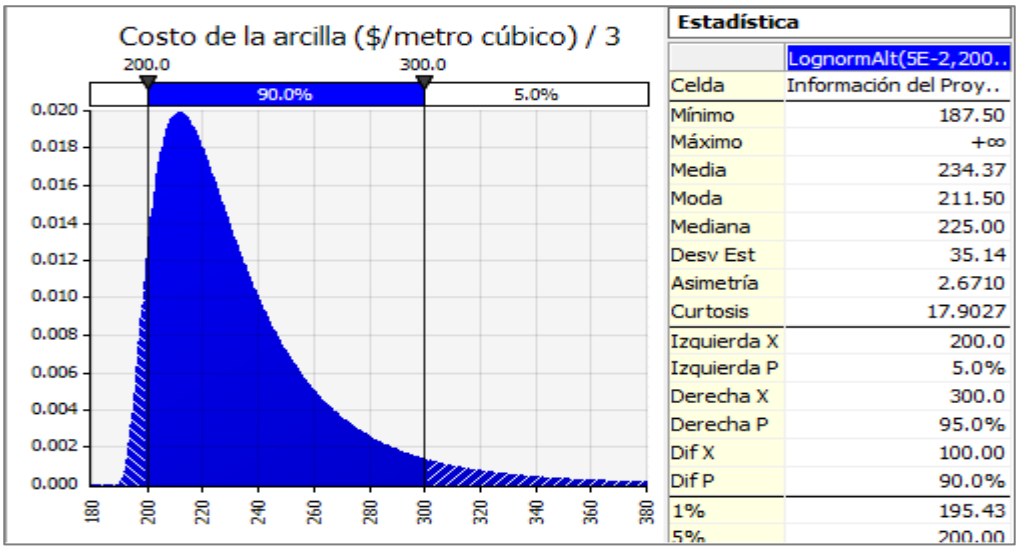
Tabla 24. Costo de la arcilla: estimados por percentil

| Costo de la Arcilla | |
|---|---|
| Percentil | Valor |
| 5% | 200 |
| 50% | 225 |
| 95% | 300 |

Fuente: Información proporcionada por los expertos.

Estos estimados tienen un sesgo hacia valores más altos por lo que nuevamente se seleccionó una distribución Lognormal, cuyo comportamiento para estos parámetros se muestra a continuación (Gráfica 5).

Gráfica 5. Distribución Lognormal del costo de la arcilla




| Estadística | |
|---|---|
| | LognormAlt(5E-2,200.. |
| Celda | Información del Proy.. |
| Mínimo | 187.50 |
| Máximo | +∞ |
| Media | 234.37 |
| Moda | 211.50 |
| Mediana | 225.00 |
| Desv Est | 35.14 |
| Asimetría | 2.6710 |
| Curtosis | 17.9027 |
| Izquierda X | 200.0 |
| Izquierda P | 5.0% |
| Derecha X | 300.0 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 100.00 |
| Dif P | 90.0% |
| 1% | 195.43 |
| 5% | 200.00 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La gráfica 5 describe el comportamiento de la distribución Lognormal para los estimados que se muestran en la tabla 24.

## 6.2 Variables de salida

Las variables de salida que interesa analizar son los indicadores de rentabilidad, VPN, TIR, EA y la relación B/C; de particular interés en el análisis de riesgo es la probabilidad de obtener un VPN o EA menor que cero, o bien, una relación B/C menor que 1, pues esto es indicativo de un proyecto financiero fallido.

## 6.3 Resultados de la simulación

Con las variables de riesgo y de salida ya mencionadas se corrió una simulación con 5,000 observaciones, número que se considera suficiente para lograr resultados confiables. Con la información generada en esas 5,000 observaciones se construyen histogramas de frecuencia que contienen información útil para entender cómo podrían comportarse las cuatro variables de salida (VPN, EA, B/C y TIR) para cada una de las tres tecnologías. Cada histograma de frecuencia viene acompañado por una

tabla de datos estadísticos que conviene describir para entender mejor los resultados obtenidos.

- Mínimo: Valor mínimo observado en la simulación
- Máximo: Valor máximo observado en la simulación
- Media : Promedio de todos los valores observados durante la simulación
- Moda: Valor observado con más frecuencia durante la simulación
- Mediana: Valor tal que el 50% de las observaciones es mayor y el otro 50% menor
- Desviación estándar: Medida de la dispersión de los valores alrededor de la media; mientras mayor sea, mayor será la dispersión y podemos esperar que existan valores muy alejados de la media.
- Asimetría: Medida que indica el grado de simetría o asimetría alrededor de la media. La distribución es simétrica si el valor de este coeficiente fluctúa entre -0.5 y +0.5 y habrá aproximadamente el mismo número de valores por debajo y por encima de la media; valores mayores que 0.5 indican que la cola es más larga a la derecha de la media y valores menores que -0.5 indican que la cola es más larga a la izquierda de la media.
- Curtosis: Mide el grado de concentración que presentan los valores en la región central del histograma. Valores entre -0.5 y +0.5 indican una concentración "normal", valores mayores que 0.5 denotan una alta concentración y valores menores que -0.5 son característicos de una baja concentración.

En lo que sigue se analizan los resultados de la simulación para cada tecnología:

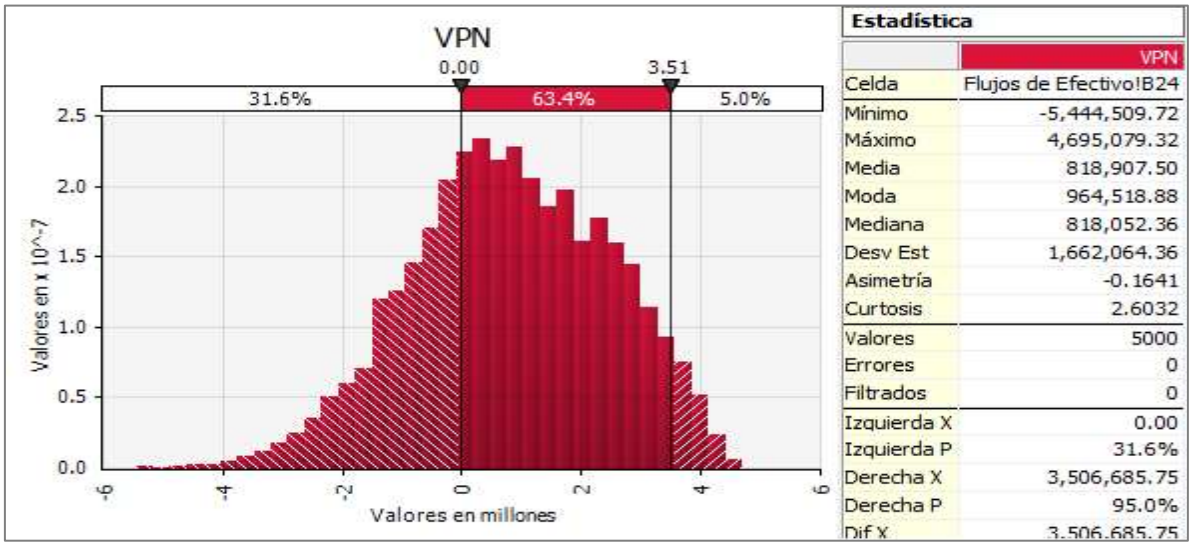
### a) BTC

Además de la incertidumbre en el volumen inicial de ventas y su crecimiento posterior, el desarrollador o tecnólogo prevé variabilidad en el costo de arcilla, por lo que el análisis se hizo con las tres variables de riesgo definidas anteriormente[5]. Los

[5] Para las otras tres tecnologías se usan únicamente el volumen inicial de ventas y su crecimiento anual.

resultados indican que el riesgo de la explotación comercial del ladrillo BTC es alto, con un VPN esperado de $818,908 y una probabilidad de 31.6 por ciento de no ser rentable; el EA esperado es de $144,934 y la relación B/C esperada 1.03

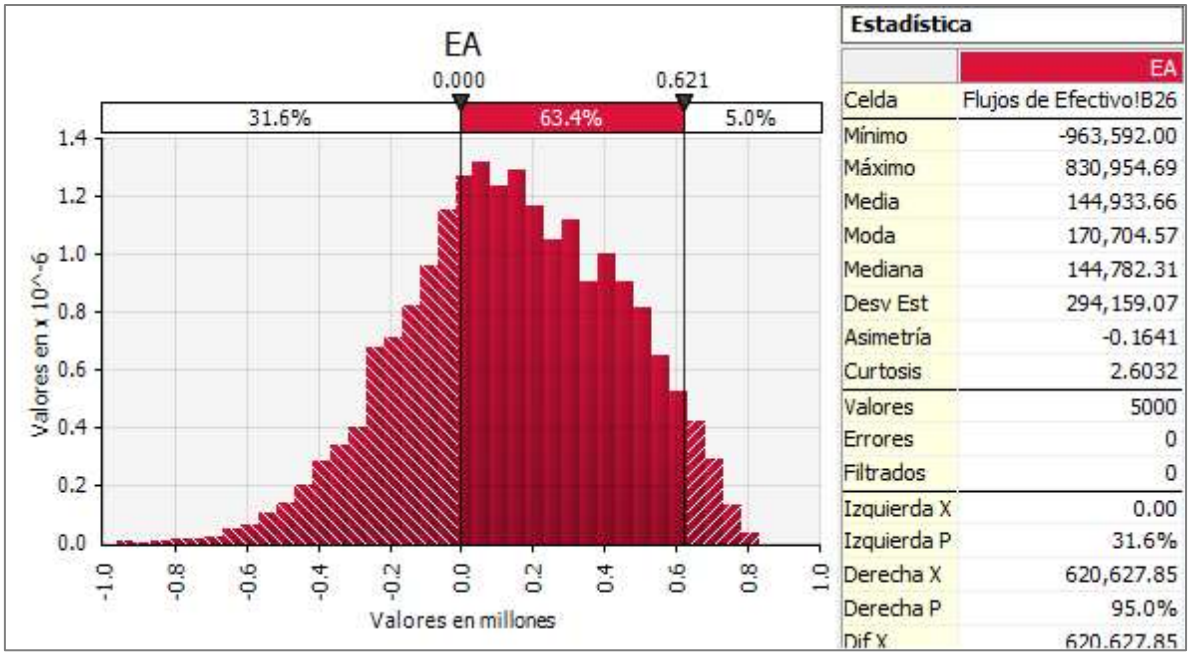
Gráfica 6. Distribución del VPN proyecto BTC




| Estadística | |
|---|---|
| | VPN |
| Celda | Flujos de Efectivo!B24 |
| Mínimo | -5,444,509.72 |
| Máximo | 4,695,079.32 |
| Media | 818,907.50 |
| Moda | 964,518.88 |
| Mediana | 818,052.36 |
| Desv Est | 1,662,064.36 |
| Asimetría | -0.1641 |
| Curtosis | 2.6032 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 0.00 |
| Izquierda P | 31.6% |
| Derecha X | 3,506,685.75 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 3,506,685.75 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

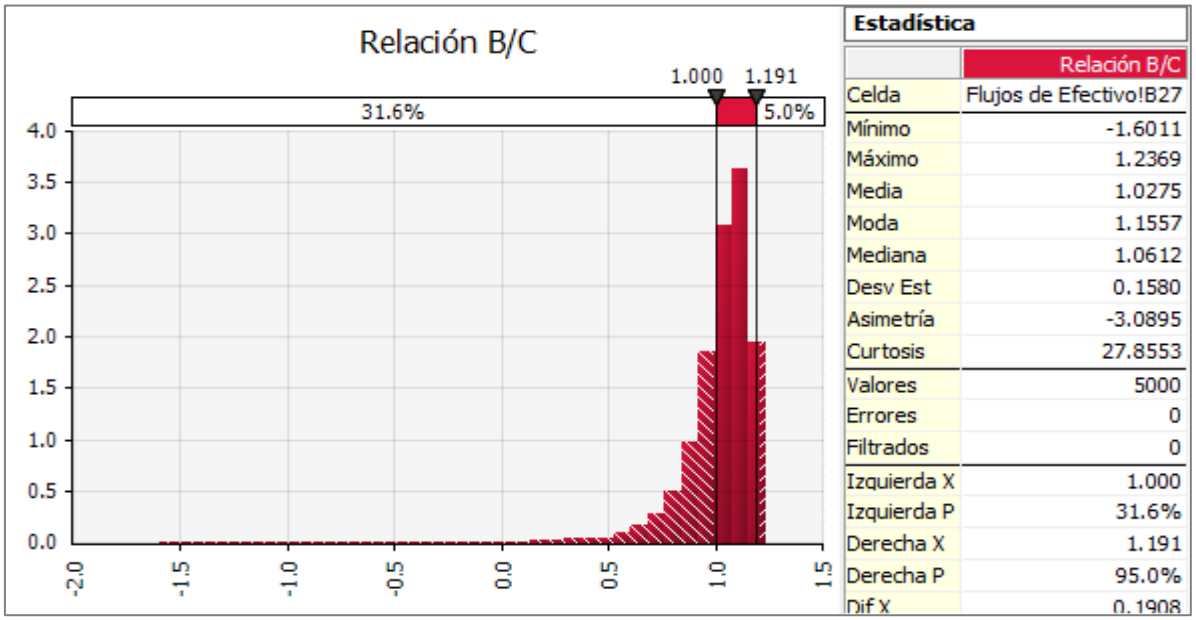
Gráfica 7. Distribución del EA proyecto BTC




| Estadística | |
|---|---|
| | EA |
| Celda | Flujos de Efectivo!B26 |
| Mínimo | -963,592.00 |
| Máximo | 830,954.69 |
| Media | 144,933.66 |
| Moda | 170,704.57 |
| Mediana | 144,782.31 |
| Desv Est | 294,159.07 |
| Asimetría | -0.1641 |
| Curtosis | 2.6032 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 0.00 |
| Izquierda P | 31.6% |
| Derecha X | 620,627.85 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 620,627.85 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Gráfica 8. Distribución de la Relación B/C proyecto BTC

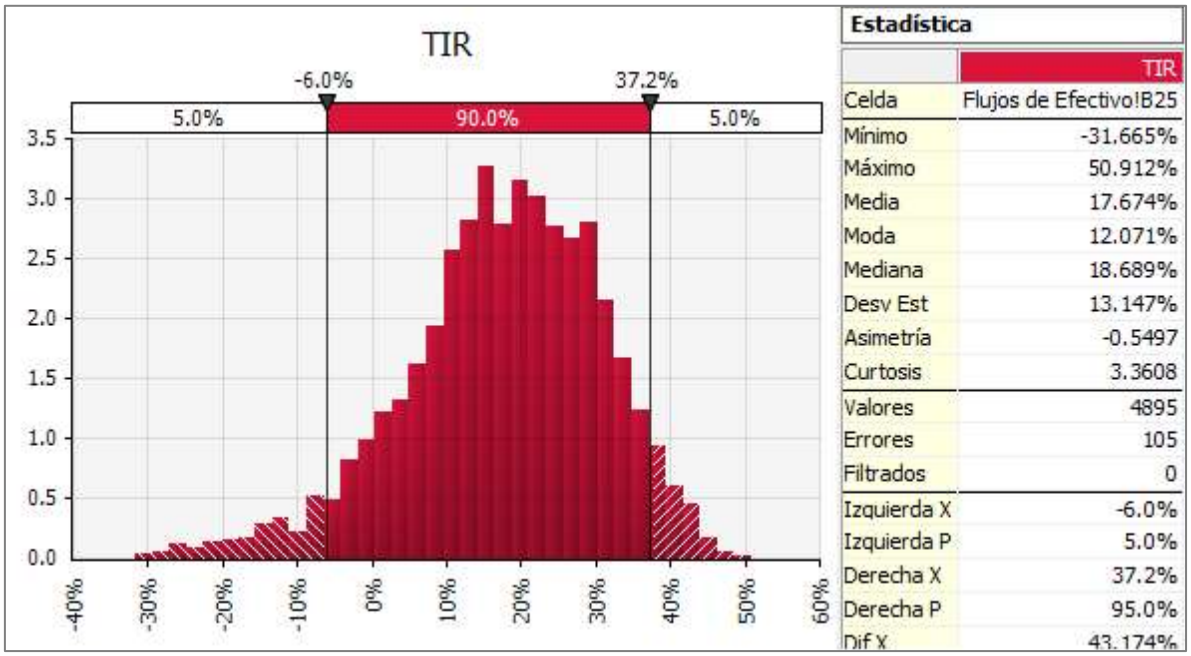



| Estadística | |
|---|---|
| | Relación B/C |
| Celda | Flujos de Efectivo!B27 |
| Mínimo | -1.6011 |
| Máximo | 1.2369 |
| Media | 1.0275 |
| Moda | 1.1557 |
| Mediana | 1.0612 |
| Desv Est | 0.1580 |
| Asimetría | -3.0895 |
| Curtosis | 27.8553 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 1.000 |
| Izquierda P | 31.6% |
| Derecha X | 1.191 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 0.1908 |

Fuente: Elaboración Propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La TIR esperada es de 17.7% confirmando la rentabilidad, aunque no muy alta, que podría resultar de la fabricación de ladrillos BTC.

Gráfica 9. Distribución de la TIR proyecto BTC



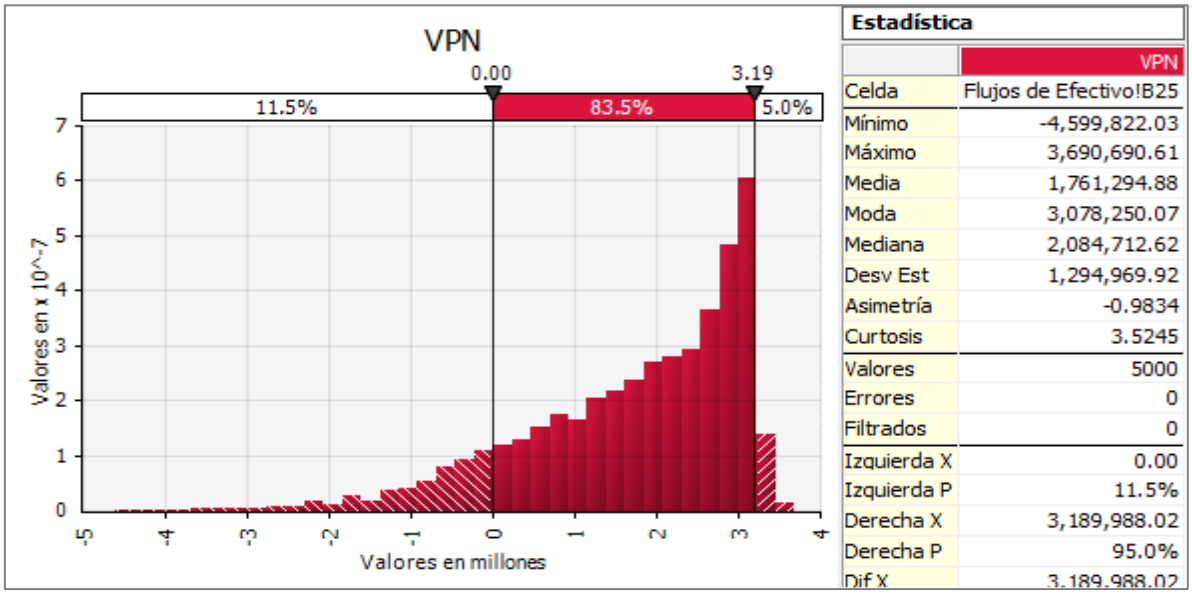

| Estadística | |
|---|---|
| | TIR |
| Celda | Flujos de Efectivo!B25 |
| Mínimo | -31.665% |
| Máximo | 50.912% |
| Media | 17.674% |
| Moda | 12.071% |
| Mediana | 18.689% |
| Desv Est | 13.147% |
| Asimetría | -0.5497 |
| Curtosis | 3.3608 |
| Valores | 4895 |
| Errores | 105 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | -6.0% |
| Izquierda P | 5.0% |
| Derecha X | 37.2% |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 43.174% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

## b) Ecoladrillo®

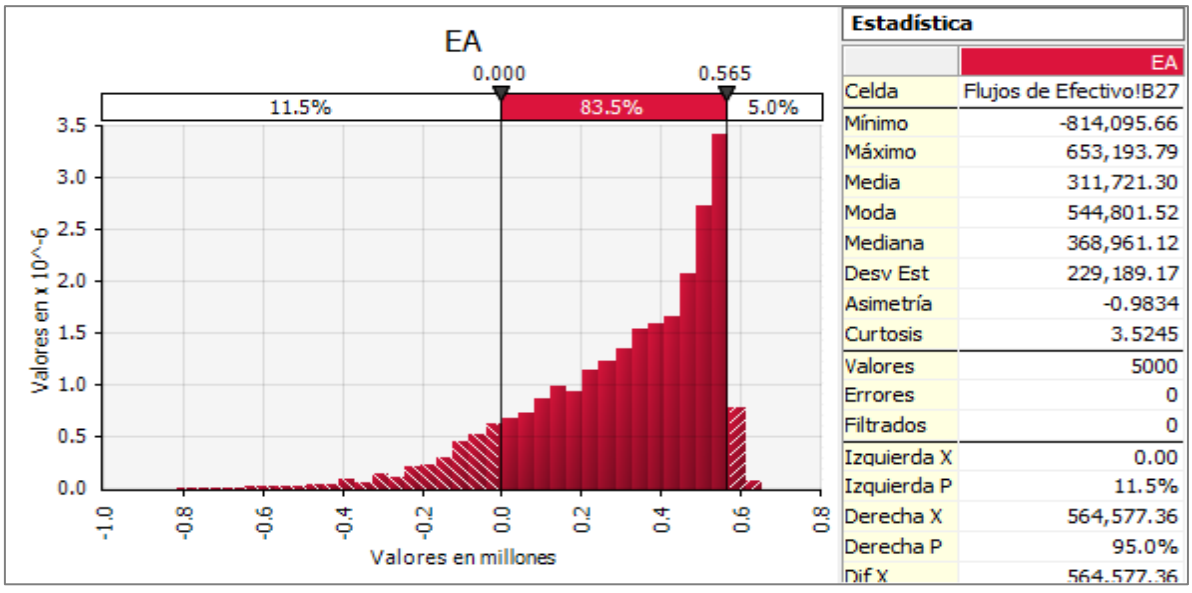
El análisis para el Ecoladrillo® indica que su fabricación y comercialización tiene un riesgo bajo de solo 11.5% y una adecuada rentabilidad, con un VPN esperado de $1, 761,295.00 y una relación B/C esperada de 1.076

Gráfica 10. Distribución del VPN proyecto Eco Ladrillo



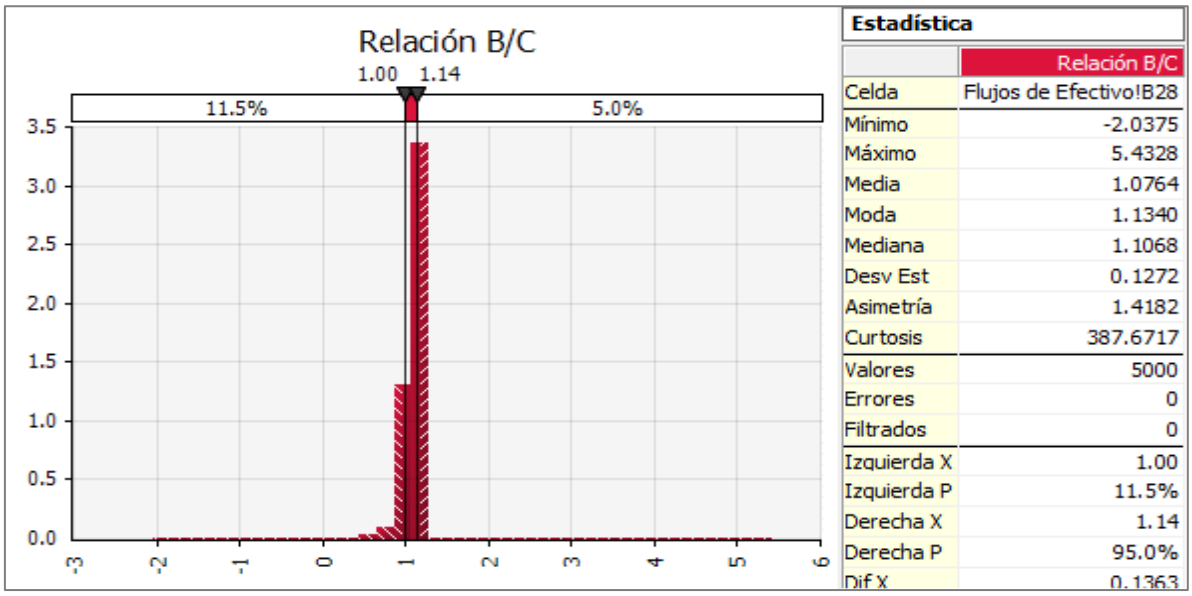

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Gráfica 11. Distribución del EA proyecto Eco Ladrillo




Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Gráfica 12. Distribución de la Relación B/C proyecto Eco Ladrillo

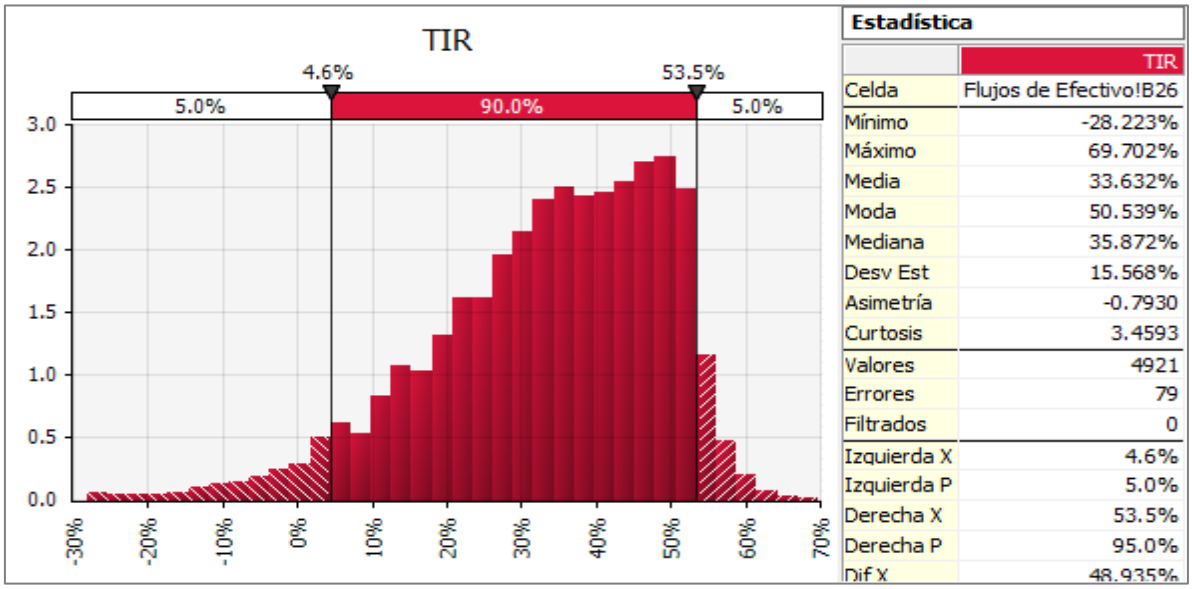



| Estadística | |
|---|---|
| | Relación B/C |
| Celda | Flujos de Efectivo!B28 |
| Mínimo | -2.0375 |
| Máximo | 5.4328 |
| Media | 1.0764 |
| Moda | 1.1340 |
| Mediana | 1.1068 |
| Desv Est | 0.1272 |
| Asimetría | 1.4182 |
| Curtosis | 387.6717 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 1.00 |
| Izquierda P | 11.5% |
| Derecha X | 1.14 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 0.1363 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La TIR esperada para este proyecto, cercana al 34%, se considera alta dentro de cualquier estándar.

Gráfica 13. Distribución de la TIR proyecto Eco Ladrillo



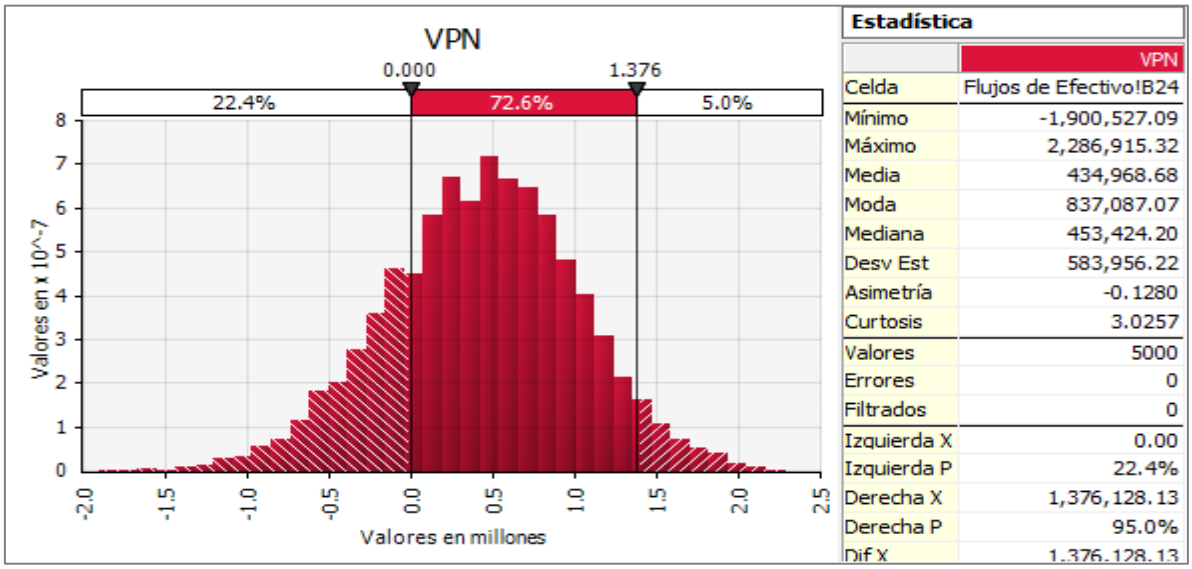

| Estadística | |
|---|---|
| | TIR |
| Celda | Flujos de Efectivo!B26 |
| Mínimo | -28.223% |
| Máximo | 69.702% |
| Media | 33.632% |
| Moda | 50.539% |
| Mediana | 35.872% |
| Desv Est | 15.568% |
| Asimetría | -0.7930 |
| Curtosis | 3.4593 |
| Valores | 4921 |
| Errores | 79 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 4.6% |
| Izquierda P | 5.0% |
| Derecha X | 53.5% |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 48.935% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

### c) Echerhirhu

La fabricación y comercialización de bloques Echerhirhu presenta un mediano riesgo, pues se conjugan una probabilidad de pérdida de 22.4% con un VPN esperado de $434,969; la relación B/C de 1.06, aunque no muy alta, es mayor que 1. Un factor adicional a favor de esta tecnología es su precio de venta muy competitivo y que puede incidir positivamente en el volumen de ventas.

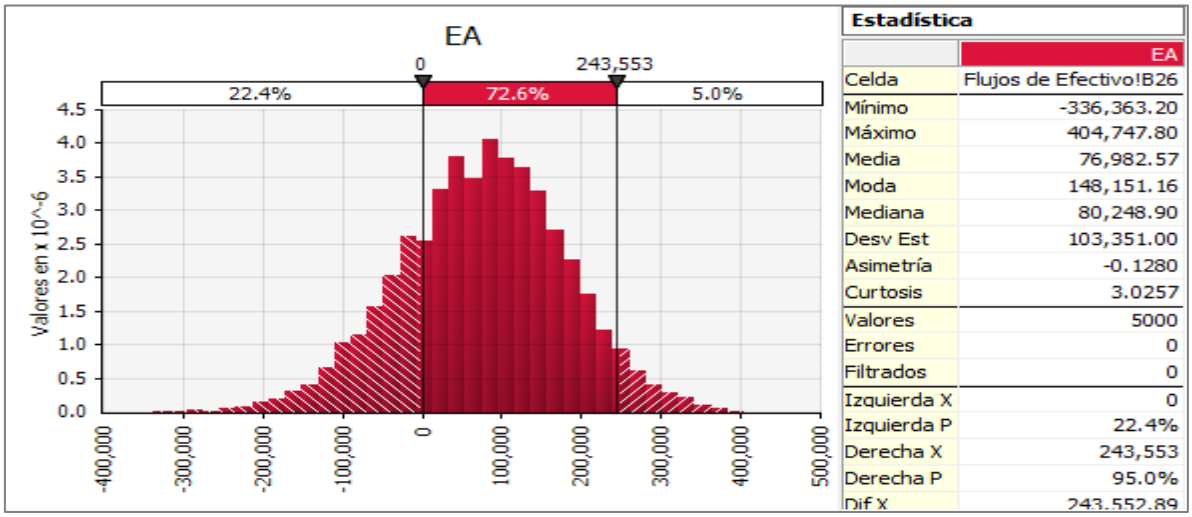
Gráfica 14. Distribución del VPN proyecto Echerhirhu




| Estadística | |
|---|---|
| | VPN |
| Celda | Flujos de Efectivo!B24 |
| Mínimo | -1,900,527.09 |
| Máximo | 2,286,915.32 |
| Media | 434,968.68 |
| Moda | 837,087.07 |
| Mediana | 453,424.20 |
| Desv Est | 583,956.22 |
| Asimetría | -0.1280 |
| Curtosis | 3.0257 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 0.00 |
| Izquierda P | 22.4% |
| Derecha X | 1,376,128.13 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 1,376,128.13 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

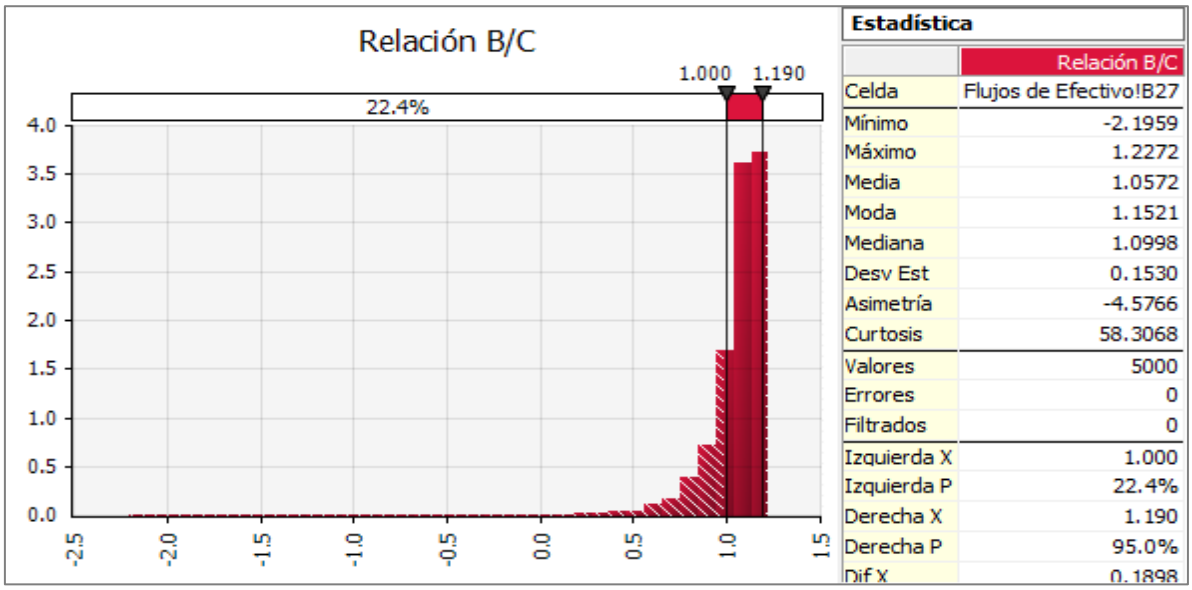
Gráfica 15. Distribución del EA proyecto Echerhirhu




| Estadística | |
|---|---|
| | EA |
| Celda | Flujos de Efectivo!B26 |
| Mínimo | -336,363.20 |
| Máximo | 404,747.80 |
| Media | 76,982.57 |
| Moda | 148,151.16 |
| Mediana | 80,248.90 |
| Desv Est | 103,351.00 |
| Asimetría | -0.1280 |
| Curtosis | 3.0257 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 0 |
| Izquierda P | 22.4% |
| Derecha X | 243,553 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 243,552.89 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Gráfica 16. Distribución de la Relación B/C proyecto Echerhirhu

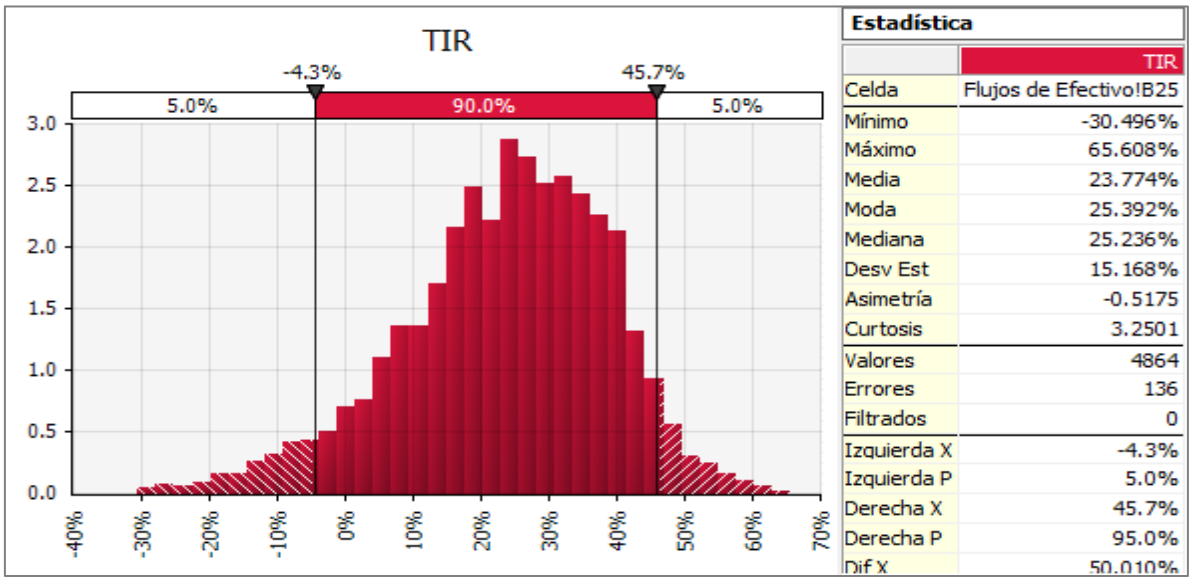



| Estadística | |
|---|---|
| | Relación B/C |
| Celda | Flujos de Efectivo!B27 |
| Mínimo | -2.1959 |
| Máximo | 1.2272 |
| Media | 1.0572 |
| Moda | 1.1521 |
| Mediana | 1.0998 |
| Desv Est | 0.1530 |
| Asimetría | -4.5766 |
| Curtosis | 58.3068 |
| Valores | 5000 |
| Errores | 0 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | 1.000 |
| Izquierda P | 22.4% |
| Derecha X | 1.190 |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 0.1898 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

El análisis de riesgo estima una TIR esperada razonablemente alta de 23.8%.

Gráfica 17. Distribución de la TIR proyecto Echerhirhu




| Estadística | |
|---|---|
| | TIR |
| Celda | Flujos de Efectivo!B25 |
| Mínimo | -30.496% |
| Máximo | 65.608% |
| Media | 23.774% |
| Moda | 25.392% |
| Mediana | 25.236% |
| Desv Est | 15.168% |
| Asimetría | -0.5175 |
| Curtosis | 3.2501 |
| Valores | 4864 |
| Errores | 136 |
| Filtrados | 0 |
| Izquierda X | -4.3% |
| Izquierda P | 5.0% |
| Derecha X | 45.7% |
| Derecha P | 95.0% |
| Dif X | 50.010% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

## 6.4 Análisis conjunto

El cuadro que se presenta a continuación incluye, además de resultados relevantes del análisis de riesgo, algunos datos técnicos que permiten tener una mejor lectura de las características de cada tecnología.

Tabla 25. Indicadores en conjunto

| Indicador | BTC | Ecoladrillo® | Echerhirhu |
|---|---|---|---|
| VPNE | $818,908 | $1,761,295 | $434,969 |
| Relación B/C Esperada | 1.03 | 1.076 | 1.06 |
| Probabilidad VPN < 0 | 31.6% | 11.5% | 22.4% |
| Precio de Venta por Millar | $7,300 | $11,500 | $2,600 |
| Resistencia ($Kg/cm^2$) | 60 | 90 | 76 |
| Medidas (cm) | 15x30x10 | 30x15x15 | 7x12x24 |
| Piezas/$m^2$ de construcción[6] | 33 | 22 | 60 |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

La simulación de Montecarlo proporciona información valiosa sobre los probables riesgos que involucra la comercialización de estos productos y con la que es posible revalorar los resultados obtenidos en el análisis determinístico. Aun así, los tres presentan características que los diferencian, como se explica a continuación:

### BTC

La variabilidad en la demanda y en su crecimiento tiene un fuerte impacto en la operación de este proyecto, haciéndolo el de mayor potencial de alta rentabilidad como lo indica el VPN de 3.51 millones en el percentil 95%, aunque con un riesgo relativamente alto, que bien puede mitigarse con estrategias de posicionamiento del producto. A pesar de que el precio por millar es alto, es 37% más bajo que el del Ecoladrillo®.

### Ecoladrillo®

Sus indicadores financieros son los mejores de los tres, sin embargo, sus altos costos de operación hacen necesario vender al precio más alto de todos; el probable impacto

[6] Este estimado no considera el mortero.

del precio en la demanda podría ser mitigado por su alta resistencia y el bajo número de piezas por metro cuadrado requeridas.

### Echerhirhu

Su VPNE es el menos atractivo, pero a la vez, su precio de venta es el más bajo de todos, casi a la par con el de los ladrillos tradicionales, por lo que resulta interesante correr una nueva simulación en la que el volumen inicial de ventas y su crecimiento tiendan a ser ligeramente mayores:

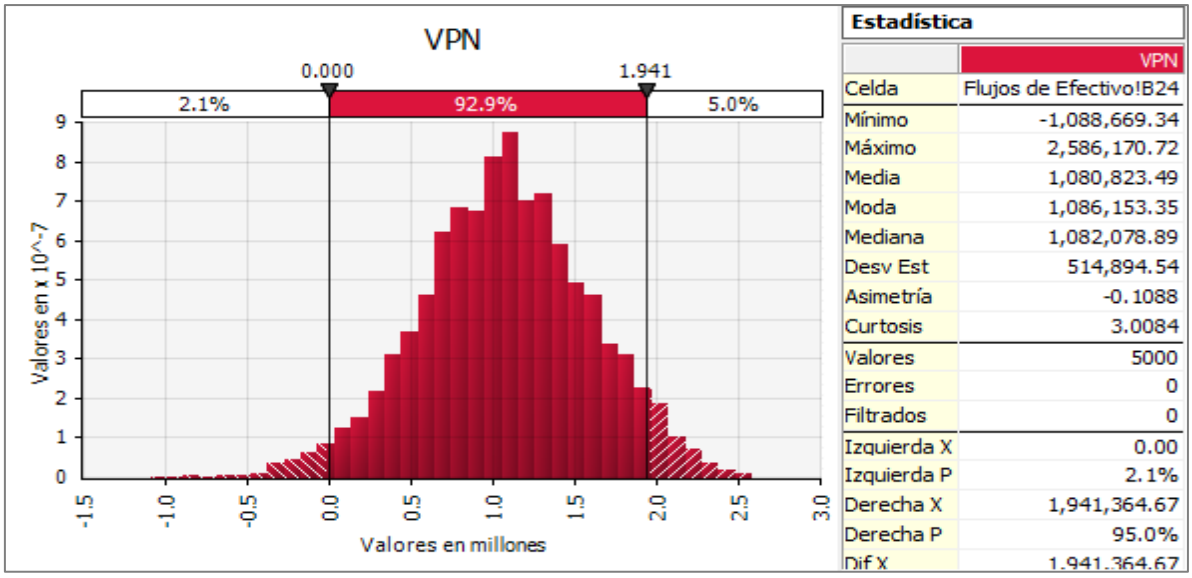
Tabla 26. Supuesto de Incremento en ventas por bajo precio

| Percentil | Volumen inicial de ventas | Crecimiento anual |
|---|---|---|
| 5% | 200 | 3% |
| 50% | 340 | 7% |
| 95% | 500 | 11% |

Fuente: Elaboración Propia

El resultado es interesante, pues el VPNE asciende a $1,080,000.00 y el riesgo se reduce a 2.1%.

Gráfica 18. Distribución del VPN proyecto Echerhirhu




Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Si bien el foco de este análisis es la viabilidad financiera de la fabricación y comercialización de los ladrillos, es importante considerar que algunas de estas tecnologías presentan ventajas económicas en la construcción. El siguiente cuadro se construyó a partir de información proporcionada por los tecnólogos sobre el costo total de construcción de un cuarto de 3 x 3 x 2.50 metros:

Tabla 27. Costo de construcción de cuarto de 3 x 3 x 2.50 metros con diferentes tecnologías

| | BTC[7] | Ecoladrillo[8] | Echerhirhu[9] |
|---|---|---|---|
| Costo con Tecnología Propia | $4,750 | $19,165.58 | $22,000 |
| Costo con Ladrillo Tradicional | $5,382 | $26,761.54 | $28,000 |
| Ahorro | 11.7% | 28.39% | 21.4% |

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los tecnólogos.

Ahorros en la construcción de esta magnitud podrían compensar el alto costo por millar de los Ecoladrillos e incrementar la ventaja de bajo costo de los bloques Echerhirhu, aunque no se dispone de suficiente información para incorporar su efecto en este análisis. Los BTC también generan ahorros en la construcción, pero habría que considerar todos los costos involucrados.

[7] Incluye únicamente el costo del BTC.
[8] Proporcionó memoria de cálculo.
[9] No proporcionó memoria de cálculo.

## Conclusiones

Como en cualquier estudio de este tipo, la validez de los resultados depende en gran medida de la confiabilidad de los datos. Este proyecto en particular se refiere a productos y tecnologías incipientes con reducida o nula experiencia industrial y de mercado por lo que existe un alto grado de incertidumbre y que esta afecte los resultados.

Aun así, los resultados obtenidos a partir de los indicadores de rentabilidad, indican claramente que los productos "cero emisiones" analizados en este reporte son financieramente y económicamente rentables, es decir que pueden ser financiados tanto por fondos privados como públicos.

Por este motivo, es recomendable analizar los nichos de mercado específicos que pueden atender cada uno de ellos, con base en sus propiedades específicas y las características regionales de la demanda de elementos constructivos.

Es importante también destacar las economías a escala que pueden desprenderse de los proyectos. Al producir bajo esquemas de producción de mayor volumen, se generan nuevas tecnologías y costos variables más atractivos que pudiesen modificar, y en su caso mejorar, la rentabilidad de los diversos proyectos.

Asimismo, las conclusiones iniciales de este análisis pueden ser de utilidad a los tecnólogos al proveer aquellos aspectos técnicos que pueden mejorar a fin de potenciar el comercial de sus productos. Las tres tecnologías para las que se completó el análisis revelan potencial comercial:

### BTC

Es al mismo tiempo el más riesgoso (Probabilidad de pérdida de 32%) y el de mayor potencial de alta rentabilidad como lo indica su VPN de 3.51 millones en el percentil 95%. A pesar de que el precio por millar es alto, es 37% más bajo que el del Ecoladrillo®.

### Ecoladrillo®

Sus indicadores financieros son los mejores de los tres, sin embargo, sus altos costos de operación hacen necesario vender al precio más alto de todos; el probable impacto

del precio en la demanda podría ser mitigado por su alta resistencia y el bajo número de piezas por metro cuadrado requeridas.

### Echerhirhu

Su VPNE es el menos atractivo, pero a la vez, este ladrillo es el segundo más resistente de los tres. Dado su bajo precio de venta, casi a la par con el de los ladrillos tradicionales, es posible que logre alcanzar niveles de demanda un poco más altos que los supuestos en este análisis, en cuyo caso la rentabilidad mejoraría substancialmente y el riesgo bajaría a niveles mínimos.

Como punto final de este análisis debe enfatizarse la importancia de un esfuerzo adicional para mejorar la calidad de la información relativa a la operación en escala industrial de estas tecnologías.

## Anexo 1

**Formato para recabar información para el Análisis Costo Beneficio de las Tecnologías y Métodos Productivos "Cero Emisiones"**

**Análisis Costo Beneficio De Las Tecnologías Y Métodos Productivos "Cero Emisiones"**

1) Nombre y breve descripción de su producto

2) Inversión inicial para una capacidad de producción de _____ (piezas/semana)
   a) Descripción de la maquinaria y el equipo requeridos
   b) Costo de maquinaria y equipo
   c) Costo de la obra civil (nave para equipo y almacenamiento)
   d) Tamaño aproximado del terreno en metros cuadrados

3) Vida útil de la maquinaria y el equipo (años)

4) Describa las materias primas y otros insumos necesarios para producir el ladrillo

5) Costo de cada uno de los insumos (por millar de producto, de ser posible)

6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar de producto, de ser posible)

7) Ciclo de producción (horas requeridas para producir un millar de ladrillos)

8) Para la capacidad de producción estimada en el inciso (2), por favor estime

a) El número de empleados directos (obreros) necesarios para el proceso de producción

_____

b) El número de empleados administrativos (para contabilidad, ventas y tareas administrativas en general)

_____

9) Costo estimado de producir un millar de ladrillos

10) Costo estimado de construir un cuarto de 3 x 3 x 2.50 metros con sus ladrillos

11) Precio estimado de venta por millar

12) Considerando el precio de venta del punto anterior, estime el volumen de ventas que podría lograrse en el primer año de operación

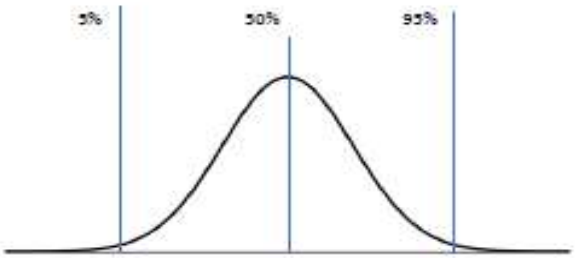
13) ¿Qué tasa de crecimiento porcentual en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años?

14) De los datos proporcionados en los incisos anteriores, identifique los dos o tres que, en su opinión, están sujetos a mayor incertidumbre (por ejemplo, el volumen de ventas)

a)
b)
c)

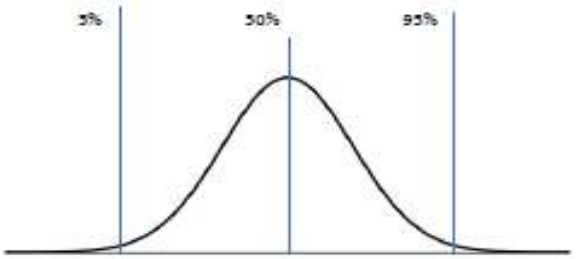
15) Para cada uno de los elementos identificados en el inciso (12), por favor estime los valores correspondientes a los percentiles 5%, 50% y 95%

a) _____



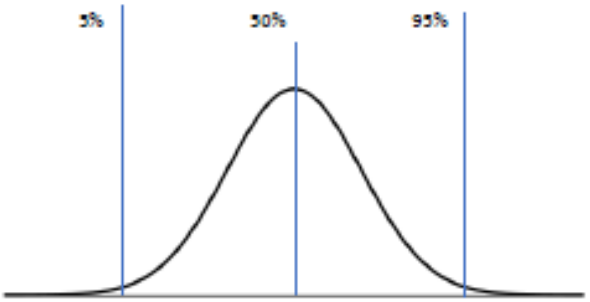

Valores: ____ ____ ____

b) _____




Valores: ____ ____ ____

c) _____




Valores: ____ ____ ____

# Anexo 2

## Dr. Gerardo Javier Arista González

## Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad del Hábitat.

**Análisis costo-beneficio de las tecnologías y métodos productivos "Cero emisiones"**

1) Nombre y breve descripción de su producto

BTC, Block de Tierra Comprimida, también conocido como adobe estabilizado o mecanizado, a base de Tierra (suelo) la cual debe estabilizarse con cal, cemento, yeso, zeolita, etc. o la combinación de algunos de estos materiales , a los cuales se pueden adicionar aditivos naturales (mucílago, fibras naturales) o sintéticos (emulsión asfáltica, acetato de polivinilo)

2) Inversión Inicial para una capacidad de producción de 3000 (piezas/semana)

a) Descripción de la maquinaria y el equipo requeridos

- Adobera Terrapress 2400 (2 piezas de 15x3010 cm.)
- Sistema de hueco y dala tipo U
- Arrancador 10 H.P.
- Mezcladora Ital Terra 120
- Arrancador 10 H.P.
- Transportador de materiales 6/18
- Arrancador 1.5 HP
- Dosificador de agua Counter 76 Lts.
- Válvula de selonoide ¾”
- Filtro de línea de 3/4”
- Molino de martillos T-1
- Arrancador 5 H.P.
- Criba vibratoria 2’x6’ (una tela)
- Arrancador 2 H.P.
- Carro de 4 ruedas

b) Costo de maquinaria y equipo

El costo total de maquinaria y equipo es de $ **909,190.60**

c) Costo de la obra civil (nave para equipo y almacenamiento)

El costo de obra civil para nave de producción es de **$ 2,250,000.00 aprox.**

d) Tamaño aproximado del terreno en metros cuadrados

El tamaño del terreno debe ser de 15 x 30 = **450 M2**

3) Vida útil de la maquinaria y el equipo (años)

La maquinaria tiene una vida útil de **5 años aprox.**

4) Describa las materias primas y otros insumos necesarios para producir el ladrillo

Las materias primas más comunes para la elaboración del BTC son: tierra o suelo previamente seleccionada, cal hidratada para estabilización del suelo, agua y fibra natural (esta última es opcional y sirve para reforzar la unión entre las partículas de tierra).

5) Costo de cada uno de los insumos (por millar de producto, de ser posible)

- Arcilla **$ 1,800.00** (un viaje de 7M3 para producir 1,000 BTC)
- Cal hidratada **$ 900.00** (15 sacos de 33 kg para producir 1,000 BTC)
- Fibra natural **$ 300.00** (10 kg de lechuguilla para producir 1,000 BTC)
- Agua **$ 15.00** (1.5 M3 de agua para producir 1,000 BTC)

El total de costos de producción por materia prima e insumos **por cada 1,000 piezas BTC** es de **$ 3,015.00**

6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar de producto, de ser posible)

El consumo de energía eléctrica **por cada 1,000 piezas de BTC** es de **200.00 aprox.**

7) Ciclo de producción (horas requeridas para producir un millar de ladrillos)

Según datos proporcionados por el proveedor de la maquinaria, Ital Mexicana y con todo el equipo y maquinaria instalados en media jornada, es decir en **4 hrs. se producen los 1,000 BTC**

8) Para la capacidad de producción estimada en el inciso (2), por favor estime

a) El número de empleados directos (obreros) necesarios para el proceso de producción

Para una jornada de 8 hrs. y una producción de 2,000 BTC por jornada, la operación de la Terrapress requiere de 1 operador, para el vaciado de materia prima en tolva 2 empleados, para recoger el BTC y llevarlo al área de fraguado 4 obreros, para la trituración y estabilización de la materia prima 4 empleados. En total se requieren de **1 operador y 10 obreros** para la producción de 1000 BTC.

- **1 operador:** sueldo mes 10,000, por semana 2.500 por hr. 62.50, **1 operador por jornada 500.00**
- **10 obreros:** sueldo mes 7,200, por semana 1,800 por hr. 45.00, **10 obreros por jornada 450.00**

El total de mano de obra en producción por jornada es de 950.00 y **para producir 1,000 BTC** es de **$ 475.00**

b) El número de empleados administrativos (para contabilidad, ventas y tareas administrativas en general)

Para un estimado de 2,000 BTC por jornada el personal administrativo de ventas y para reparto sería el siguiente**: 1 secretaria, 1 auxiliar administrativo, 1 vendedor, 1 chofer y 1 ayudante.**

- **1 secretaria:** sueldo mes 8,000 por sem. 2,000, por hr. 50.00, **1 secretaria por jornada 400.00**
- **1 aux. admvo.:** sueldo mes 10,000 por sem. 2,500, por hr. 62.50, **1 auxiliar por jornada 500.00**
- **1 vendedor:** sueldo mes 8,000, por sem. 2,000, por hr. 50.00, **1 vendedor, por jornada 400.00**
- **1 chofer:** sueldo mes 9,600, por sem. 2,400, por hr. 60.00, **1 chofer por jornada 480.00**
- **1 ayudante:** sueldo mes 6,400 por sem. 1,600 por hr. 40.00, **1 ayudante por jornada 320.00**

El total de sueldos de administrativos por jornada es de 2,100.00 y **para producir 1,000 BTC** es de **1,050.00**

9) Costo estimado de producir un millar de ladrillos

El costo de un millar de BTC considerando las siguientes partidas:

- Costos de materia prima **3,015.00**
- Consumo de energía eléctrica **200.00**
- Personal de producción **475.00**
- Personal administrativo, ventas y reparto **1,050.00**
- **Total** **4,740.00 / 1,000 = $ 4.75 por pieza de BTC**

10) Costo estimado de construir un cuarto de 3 x 3 x 2.50 metros con sus ladrillos

Si consideramos que para levantar 30 M2 de muro se utilizan 33 piezas de BTC por M2, entonces para edificar el cuarto con las medidas señaladas se requieren de 990 piezas, más un 1% de desperdicio, serían 1,000 piezas de BTC a un costo de $ 4.75 por pieza, alcanzaría un costo por material de **4,750.00,** sin considerar el pago de mano de obra ni elementos de refuerzo tales como cadenas de desplante, castillos, cadenas de cerramiento o refuerzos ahogados.

11) Precio estimado de venta por millar

Considerando que con el precio de venta debe cubrirse la inversión inicial, se prevé un sobrecosto de 50% sobre el costo antes calculado, entonces el precio de venta del millar de BTC sería de **7,000.00** aprox., equivalente al costo actual del ladrillo de barro cocido (de $ 2,500 a $ 3,000/millar, 60 piezas por M2), pero utilizando menor cantidad de mortero, incluso si el BTC fuera del tipo machihembrado, su colocación no requiere de mortero.

12) Considerando el precio de venta del punto anterior, estime el volumen de ventas que podría logarse en el primer año de operación.

Como habría que abrir mercado las ventas anuales iniciales las considero sobre **240,000 piezas,** es decir al 50% de su capacidad de producción instalada.

13) ¿Qué tasa de crecimiento porcentual en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años?

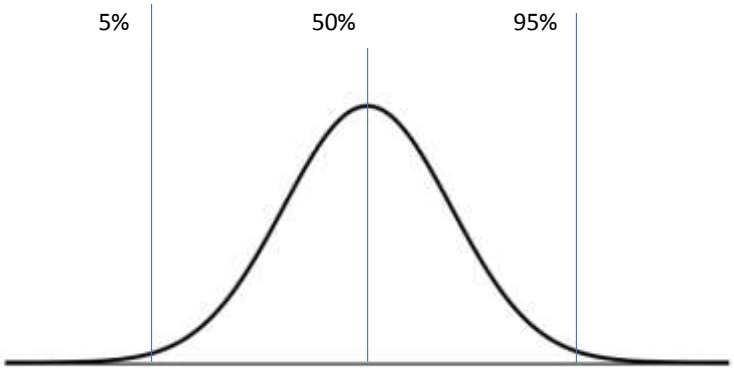
Si se considera una tasa de **crecimiento anual de 15%,** en 5 años alcanzaríamos a cubrir una producción anual de hasta **480,000 piezas** equivalente a la capacidad de producción instalada.

14) De los datos proporcionados en los incisos anteriores, identifique los dos o tres que, en su opinión, están sujetos a mayor incertidumbre (por ejemplo, el volumen de ventas)

a) Volumen de ventas
b) Costo de materia prima por lejanía de bancos de material
c) Escasez de mano de obra

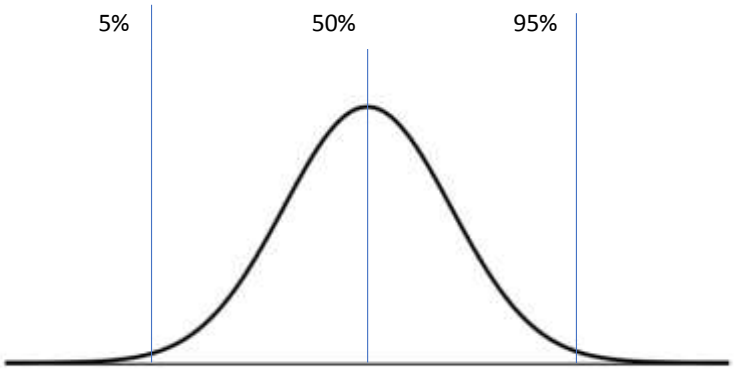
15) Para cada uno de los elementos identificados en el inciso (14), por favor estime los valores correspondientes a los percentiles 5%, 50% y 95%

a) Volumen de ventas



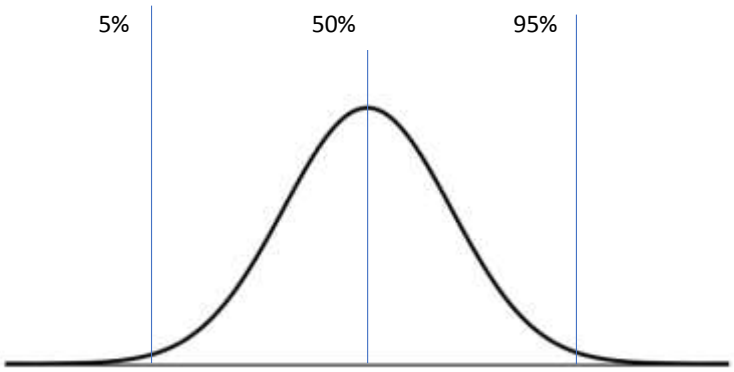

Valores: 100,000 piezas 240,000 piezas 400,000 piezas

b) Costo de materia prima por lejanía de bancos de material




Valores: 200.00/M3 225.00/M3 300.00/M3

c) Escasez de mano de obra




Valores: 40.00/hr. 45.00/hr. 50.00/hr.

Todos los datos proporcionados corresponden al área económica de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P.

## Análisis Costo Beneficio De Las Tecnologías Y Métodos Productivos "Cero Emisiones"

1) Nombre y breve descripción de su producto

Ladrillo térmico modular. Ladrillo con machimbre hembra-macho para mejorar el ensamble y su colocación final. Realizado con tepetate y estabilizado con cementantes y métodos pasivos de curado para garantizar su resistencia estructural y calidad. Las perforaciones del ecoladrillo tienen ventajas constructivas como ser usado como cimbra en lugar de usar madera, permite la incorporación de instalaciones hidráulicas y eléctricas para evitar ranuras. Por lo que sus ventajas no solo son ambientales, si no, también como sistema constructivo lo que conlleva en ahorro en la construcción.

2) Inversión Inicial para una capacidad de producción de 7500 (piezas/semana – 30 000 mensuales)

Descripción d

1.- Prensa Hidráulica. Equipada con sistema hidráulico de alta presión. Sistema de operación con opción automático y manual. Motor eléctrico de 5 HP (220 V) 2F /3F. 2 actuadores hidráulicos de doble acción. Arrancador eléctrico. Sistema neumático de amortiguamiento y calibración de altura. Sistema de protección automático de integridad mecánica del equipo. Kit de matrices para fabricar ladrillo de ensamble tipo LEGO y CANALETA con dimensiones: Largo: 30 cm Ancho: 15 cm Alto: 8-17 cm (Altura ajustable) Kit de matrices para fabricar ladrillo de ensamble tipo LEGO y CANALETA con dimensiones: Largo: 35 cm Ancho: 15 cm Alto: 8-17 cm (Altura ajustable) Calibrador de altura mecánico. Capacidad de producción: 1 pza./ciclo Tiempo por ciclo de operación: 10 segundos. 2.- Revolvedora – Homogeinizador: Revolvedora equipada con 4 brazos y paletas para mezclar agregados. Sistema hidráulico para transmisión de potencia de la revolvedora. Motor de 3 HP 2 F/ 3F. Arrancador para motor eléctrico. Homogeneizador integrado a la revolvedora. Sistema hidráulico para transmisión de potencia del homogeneizador. Unidad externa de potencia hidráulica de alta presión. Centro de mando hidráulico. Capacidad de mezclado de 100 litros / ciclo. Equipada con control de velocidad de mezclado. 3.- Banda transportadora: Equipada con bastidores en "V" con ángulo de inclinación de 35°. Longitud neta de la banda transportadora de 5 metros. Sistema motriz equipado con un sistema de catarinas - cadenas. Sistema mecánico tensor de la banda. Motor eléctrico de 1 1/2 HP 2F /3F. Arrancador eléctrico. Ángulo de operación en un rango de 0° - 35°con referencia al piso. Compatible para transportar materiales secos y semi húmedos. 4.- Tolva Dosificadora: Tolva de dosificación de material con capacidad 2.2 m3. Capacidad de carga de la tolva de 2800 Kg. Cajón dosificador con capacidad de 80 litros (0.08 m3) de material. Sistema hidráulico de alta presión para cajón dosificador. Centro de mando hidráulico para el cajón dosificador. Actuador hidráulico de doble acción. Unidad de potencia compartida con la mezcladora. Dicha descripción es considerada para una línea de producción completa.

b) Costo de maquinaria y equipo

EL COSTO DE LA LINEA DE PRODUCCION ES DE $ 852,000.00 (Ochocientos cincuenta y dos mil pesos 00/100 m.n.).

c) Costo de la obra civil (nave para equipo y almacenamiento)

El costo de construcción de la nave industrial semi techada es de aproximadamente $2, 550,000.00 (Dos millones quinientos cincuenta mil pesos 00 / 100 m.n.) Nota: Se considera una superficie de 1000 m2 en los cuales 300 m2 son área techada, bodegas y oficinas. 700 m2 se consideran para bancos de materiales y stock. Dicho monto no considera ingenierías externas para suministros de energía eléctrica. Dicho presupuesto puede varias, dependiendo las necesidades de cada planta. Se considera precio paramétrico de construcción.

a) Tamaño aproximado del terreno requerido 1000 metros cuadrados

3) Vida útil de la maquinaria y el equipo (años)

5 – 6 años con mantenimiento preventivo.

1.- Tepetate que contenga en su porcentaje de limos, arcillas y arena adecuado
2.- Cemento CPC 40 3.- Cal Hidratada 4.- Agua

4) Describa las materias primas y otros insumos necesarios para producir el ladrillo

Cemento $ 4,396.00 Tepetate $ 1,800.00 Cal $ 409.00 Agua $ 120.00 Costo directo por mil piezas $ 6,725.50 Costo por pieza $ 6.7255 a costo directo. Costo con indirectos $ 9.05 Costo de millar con indirectos $ 9,050.00

5) Costo de cada uno de los insumos (por millar de producto, de ser posible)

Prensa hidráulica: 5 hp / Banda Transportadora: 1.5 hp. / Mezcladora Homogeneizador 3 hp / Tolva de dosificación comparte energía con mezcladora. El consumo total son 9.5 hp. Equivalentes a 7.1 KW. La alimentación necesaria se

6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar de producto, de ser posible)

7) Ciclo de producción (horas requeridas para producir un millar de ladrillos)

6.6 horas necesarias para la producción de un millar, medidas 15x15x30.

8) Costo estimado de producir un millar de ladrillos

$ 9,050.00

9) Costo estimado de construir un cuarto de 3 x 3 x 2.50 metros con sus ladrillos

Se realizó el estudio a detalle del sistema constructivo del Ecoladrillo®, calculando materia, manos de obra, herramientas y equipo. El resultado es el siguiente respaldado por los anexos 1.0 y 2.0 adjuntos a este documento en donde describe cada una de las partidas. Costo de 22.5 m2 colocados de Ecoladrillo® equivalente a un cuarto de 3x3x2.5 de altura. $ 19, 165.58 (Diecinueve mil ciento sesenta y cinco pesos 58/100 m.n.) con el Ecoladrillo®, contra $ 26, 761.54 (Veintiséis mil setecientos sesenta y un pesos 54/100 m.n.) del sistema constructivo del tabique rojo. Teniendo como resultado una diferencia en total de 28.39% más económico el costo de construcción. Dicho análisis considera la estructura necesaria, es decir, castillos, cadenas, mortero, mano de obra, herramienta y equipo necesario para su construcción.

10) Precio estimado de venta por millar

$ 11,500.00 (Once mil quinientos pesos 00/100 m.n.).

11) Considerando el precio de venta del punto anterior, estime el volumen de ventas que podría logarse en el primer año de operación

$ 2, 484,000.00 (Dos millones cuatrocientos ochenta y cuatro mil pesos 00/100 m.n.) considerando un 60% de la producción anual.

12) ¿Qué tasa de crecimiento (¿%) en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años?

6% - 10%

13) De los datos proporcionados en los incisos anteriores, identifique los dos o tres que, en su opinión, están sujetos a mayor incertidumbre (por ejemplo, el volumen de ventas)

a) Capacidad de distribución (Número de plantas para su comercialización). Dado que al tener que el cliente pagar flete en distancias considerables, el producto puede salir de mercado.
b) Ventas (Este tema puede resolverse teniendo buena capacidad de distribución). La comercialización es viable en el sitio donde se produce el material.
c) Aceptación. (La aceptación del producto es buena una vez que el cliente puede observar proyectos desarrollados, además de contar con asesores para su correcta aplicación y aprovechamiento de sus ventajas económicas y térmicas).

14) El número de empleados directos (obreros) necesarios para el proceso de producción

La línea de producción requiere 3 obreros con las siguientes categorías.

1. Encargado de producción salario $ 7,200.00 mensuales
2. Operador A de producción salario $ 6,800.00 mensuales
3. Operador B de producción salario $ 6,000.00 mensuales
   Punto de equilibrio de indirectos 70% de las ventas.

15) El número de empleados administrativos (para contabilidad, ventas y tareas administrativas en general).

Se consideran los siguientes empleados administrativos.

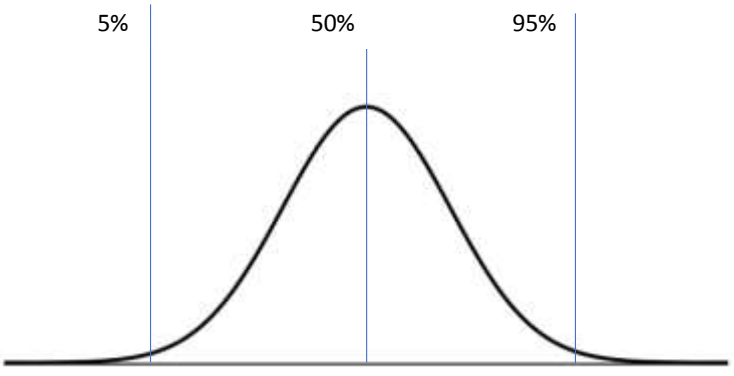
1. Ventas con salario mensual de $ 6,000.00 mensuales. Se considera también esquema de comisiones.
2. Auxiliar Administrativo con salario de $ 6,000.00 mensuales.
3. Arquitecto con salario de $ 8,000.00 pesos mensuales.

Gastos administrativos se subcontratan como la contabilidad y mercadotecnia.
Gastos administrativos que se consideran son luz, y teléfono con el punto de equilibrio mencionado en el inciso 14.

1) Para cada uno de los elementos identificados en el inciso (12), por favor estime los valores correspondientes a los percentiles 5%, 50% y 95%

Se considera la demanda como el esquema más importante de análisis, dado que la producción y calidad con la planta y el know how consolidado son los sectores de menor riesgo considerado.

a) Demanda




Valores: 30%__ 60%__ 90%__

b) 50%

## Dres. Javier Guillen y Erick García. Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro (Michoacán)

1) Nombre y breve descripción del producto

"BLOQUES ECHERHIRHU", del purépecha, significa bloques de barro. Consiste en la producción de ladrillos sin cocción. Esta innovación se refiere a la producción de ladrillos sustentables, los cuales son fabricados a partir de residuos sólidos urbanos (papel) que se generen por la población en general y suelos erosionados con contenidos bajos de arcilla, triturados a granulometría menores a 5 mm y una mezcla líquida de mucílago de nopal y cal.

Este tipo de ladrillo, al ser elaborado sin el uso de combustibles, incrementa su valor económico y reduce los tiempos de fabricación. Algunos de los aditivos son sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, por otra parte se tiene un ahorro energético y de emisión de $CO^2$ a la atmosfera al no ser sometido a un proceso de cocción. Es un producto con óptimas características mecánicas al presentar valores cercanos de resistencia a la compresión cercanos a las 25 toneladas, propiedades térmicas apropiadas, 30 % más ligero que uno convencional, absorción de humedad del 17% y una apariencia del mismo totalmente innovadora. Es decir, cumple con valores por encima de la normatividad de construcción vigente.

2) Inversión inicial para una capacidad de producción de (piezas/semana)

$500,000 de inversión inicial. 8,000 unidades producidas por semana.

a) Descripción de la maquinaria y equipos requeridos

Maquinaria, Moldes 3-D CAD, 6 herramientas, 1 Equipo de cómputo (Impresora, Computadora de escritorio), 1 Equipo de oficina (Escritorio, Silla de escritorio), 4 herramientas.

b) Costo de maquinaria y equipo

| | |
|---|---|
| Prensa Hidráulica Eco Brava | $100,000 |
| Revolvedora – Mezcladora | $16,000 |
| Moldes | $6,000 |
| Equipo de computo | $8,000 |
| Herramientas | $4,000 |
| Equipo de oficina | $8,000 |

c) Costo de la obra civil (incluyendo terreno para nave y almacenamiento)

Terreno de (10x20 m), $200,000.

3) Vida útil de la maquinaria y el equipo (años)
   15 años
4) Describa las materias primas y otros insumos necesarios para producir el ladrillo

| | |
|---|---|
| Tierra | 1 Camión |
| Cal viva | 1 Ton |
| Nopal | 175 kg |
| Papel | 262 kg |
| Mano de obra | 2 jornaleros |
| Agua | 1 pipa |

5) Costo de los insumos (por millar de producto, de ser posible)

| | | |
|---|---|---|
| Tierra | 28.5% del Camión | $180 |
| Cal viva | 285.71 kg | $390 |
| Nopal | 50 kg | $140 |
| Papel | 74.8 kg | $170 |
| Mano de obra | 2 obreros | $375 |
| Agua | 1/4 pipa | $70 |

6) Consumo de energía de maquinaria y equipo (por millar de producto, de ser posible).
7) Ciclo de producción (horas requeridas para producir un millar de ladrillos)

   5 horas para producir un millar

8) Costo estimado de producir un millar de ladrillos
   $1325
9) Precio estimado de venta por millar

   $ 2600

10) Para el precio en el punto (9), estime el volumen de ventas que podría lograrse en el primer año de operación

    384,000 unidades, lo que sería $ 998,400 el ingreso.

11) ¿Qué tasa de crecimiento (%) en ventas anuales esperaría lograr en los próximos años?
    En 5 años al menos un 42%
12) De los datos proporcionados en los anteriores, identifique los dos o tres que, en su opinan, están sujetos a mayor incertidumbre (por ejemplo, el volumen de ventas)
    a) Volumen de ventas
    b) Tasa de crecimiento
13) Dependerá del equipo de administración que opere en la empresa.

## Referencias


Amtmann, C. (2013). Productividad Para la Competitividad. IMEF, Boletín Técnico No. 04-2013.

CONACYT. (2017). Bases de datos abiertos. Obtenido de: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: http://conacyt.gob.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/economia-conacyt-2. Consultado en julio de 2017.

EcoLadrillos, M. (1 de Enero de 2013). EcoLadrillos México. Obtenido de: EcoLadrillos México: https://www.ecoladrillos.com.mx/ecoladrillo

INATEK. (1 de Enero de 2016). Ingeniería en Tecnología Ambiental. Obtenido de Inicio: http://www.inatek.com.mx/index.html

INECC. (2016). Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto Piloto a Nivel Región Basado en un Portafolio de Políticas Públicas con el Objetivo de Reducir los CCVC de Ladrilleras Artesanales en México.

INECC. (2018). Estudio para desarrollar un modelo de negocios piloto en ladrilleras artesanales, para reducir emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC) y Gases de Efecto Invernadero (GEI) y mejorar la calidad de vida de los actores clave.

Park, C.S. (2007). Contemporary Engineering Economics, Prentice Hall, New Jersey.

Tannon, D. et al (2015). Learning rates and their impacts on the optimal capacities and production costs of biorefineries. Biofuels, Bioprod. Bioref. 9:82–94 (2015)

UNAM. (16 de Junio de 2016). Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de Instituto de Ingeniería: http://www.gaceta.unam.mx/20160111/ladrillo-ecologico-basado-en-residuos-de-construcciones/