

Potencial energético del oleaje para generar electricidad en México: modelo hacia una aproximación teórica



Colaboración

Juan Antonio Pinilla Rodríguez; Felipe de Jesús Pozos Texon; Carlos Javier Gasca Caballero; Roberto Díaz Marchetti; Mario Alberto Díaz Solís, Universidad Cristóbal Colón

Fecha de recepción: 31 de marzo del 2023

Fecha de aceptación: 18 de mayo del 2023

RESUMEN: La disponibilidad de una oferta abundante y segura de diferentes tipos de energía constituye una de las prioridades estratégicas de la sociedad contemporánea. En este sentido, las energías renovables contribuirán en gran medida al desarrollo económico, social y ambiental. Una de las energías renovables de mayor potencial son las energías marinas debido a la bastedad de energía cinética disponible y por su nulo aporte de gases de efecto invernadero. La energía de las olas tiene un alto potencial de aprovechamiento para transformarla en electricidad, debido a que es 5 veces más concentrada que la energía eólica, de 10 a 30 veces más concentrada que la energía solar y se puede producir electricidad de forma constante las 8,760 horas del año, garantizando la continuidad del suministro de energía eléctrica. En este trabajo de investigación se diseñó un modelo teórico para valorar el potencial energético del oleaje. La propuesta de modelo se fundamenta en tres variables que son: ambiental, factibilidad técnica y social.

PALABRAS CLAVE: Electricidad, Energía z, Energía marina, Energía renovable.

ABSTRACT: The availability of an abundant and safe supply of different types of energy is one of the strategic priorities of contemporary society. In this sense, renewable energies will greatly contribute to economic, social and environmental development. One of the renewable energies with the greatest potential is marine energy due to the abundance of kinetic energy available and its zero contribution of greenhouse gases. Wave energy has a high potential for use to transform it into electricity, because it is 5 times more concentrated than wind energy, 10 to 30 times more concentrated than solar energy, and electricity can be produced constantly 8,760 hours of the year, guaranteeing the continuity of the electrical energy supply. In this research work, a theoretical model was designed to assess the energy potential of waves. The model proposal is based on three variables that are: environmental, technical and social feasibility.

KEYWORDS: Electricity, wave energy, marine energy, renewable energy.

INTRODUCCIÓN

El control de la energía eléctrica garantiza la cobertura de las necesidades humanas tales como: el confort en los hogares, los servicios de salud, la educación y el trabajo, en otras palabras, es un detonante para el desarrollo social y el crecimiento económico. El crecimiento demográfico y la complejidad de las necesidades de del tejido social trae consigo el aumento del uso de la electricidad, a su vez que sea de calidad y suministrada de forma constante. Esto hace que la generación de electricidad a través de combustibles fósiles no se elimine, debido a que es barato y las tecnologías de generación de energías alternativas aun no gozan de buena eficiencia. No obstante, y lejos de los costos de producción es imperan-

te de necesidad reducir el uso de combustibles fósiles debido al gran impacto negativo que tiene para nuestro ecosistema.

La disponibilidad de una oferta abundante y segura de diferentes tipos de energía constituye una de las prioridades estratégicas de las sociedades desarrolladas. La infraestructura energética actual, diseñada para el uso de hidrocarburos es la generadora más importante de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta situación dificulta y encarece el cumplimiento de los objetivos de la lucha contra el cambio climático [1].

Los recursos naturales de nuestro planeta son usados a un ritmo acelerado, si no se toman medidas al respecto, las condiciones de vida de los que vengan después que nosotros serán mucho peor a las que tenemos hoy en día.

La energía renovable es aquella que está presente en la naturaleza donde su potencial de utilización es prácticamente ilimitado. Esta tecnología tiene una desventaja notoria, la intermitencia, esto debido a que no es constante en su generación ya que depende su funcionamiento de las condiciones meteorológicas existentes y esta situación no da la suficiente confianza para su implementación y utilización [2].

En nuestro planeta el agua oceánica cubre aproximadamente el 71% de nuestra superficie. La energía marina es una alternativa atractiva al ser un recurso continuo y predecible, el cual, puede contribuir a sumar en la matriz energética de la generación de electricidad.

Los recursos provenientes del océano están catalogados como una opción para la generación, conversión y uso de energía eléctrica, en relación con el cuidado del medio ambiente [3].

La energía renovable proveniente del mar se debe a la influencia de la radiación solar y de los campos gravitatorios del sol, la tierra y la luna. Si se comparan con el resto de las energías renovables, las investigaciones y los proyectos para conseguir energía procedente del mar se encuentran en una fase inicial, sin embargo, su potencial es muy alto [4].

Se ha estimado un potencial teórico de energía oceánica superior a 100,000 TWh/año (como referencia, el consumo de electricidad en el mundo ronda los 16,000 TWh/año). Con la tecnología actual se estima poder generar 45,000 TWh/año de las olas, 2,200 TWh/año de las mareas, 20,000 TWh/año del gradiente salino y 33,000 TWh/año para la térmica oceánica [5].

En el caso de México es necesario lograr avances significativos para que las fuentes de energía renovable sean competitivas frente a las fuentes fósiles. Por lo tanto, su aplicación representa para el país un escenario de acceso a servicios de energía modernos con grandes beneficios,

promoviendo la reducción de emisiones y el aceleramiento del desarrollo económico, tecnológico y científico [3].

METODOLOGÍA

Las características de la metodología para la propuesta del modelo teórico se fundamentaron en las siguientes directrices:

- Método Cuantitativo: El análisis de la situación actual de las condiciones undimotriz, climáticas o de instalación tecnológica se evaluó a partir del registro de datos numéricos.
- Metodología Exploratoria y Descriptiva: En la actualidad existe poca información sobre la generación de electricidad a través de los mares y océanos a gran escala en nuestro país, es por ello por lo que se utilizará este tipo de estudio:
- Análisis de los Datos: Investigación No Experimental de corte Longitudinal, debido a que los datos analizados son registros de dependencias acreditadas y no fueron generadas a posteriori para esta investigación.

Además, para la construcción del modelo teórico se hizo la revisión de la literatura con datos actuales.

Es a partir de los datos y la revisión literaria que finalmente se realiza la propuesta de un modelo teórico para evaluar la viabilidad de implementar la generación de energía eléctrica a partir del potencial undimotriz.

El World Energy Council estimó que alrededor del mundo la potencia del recurso de la energía undimotriz es de 2 TW equivalente a una disponibilidad anual de 17,500 TWh. En la Figura 1 se observa el potencial de energía a partir de las olas, donde nos muestra la distribución en las costas mexicanas y la energía que se puede producir en Kw/m.

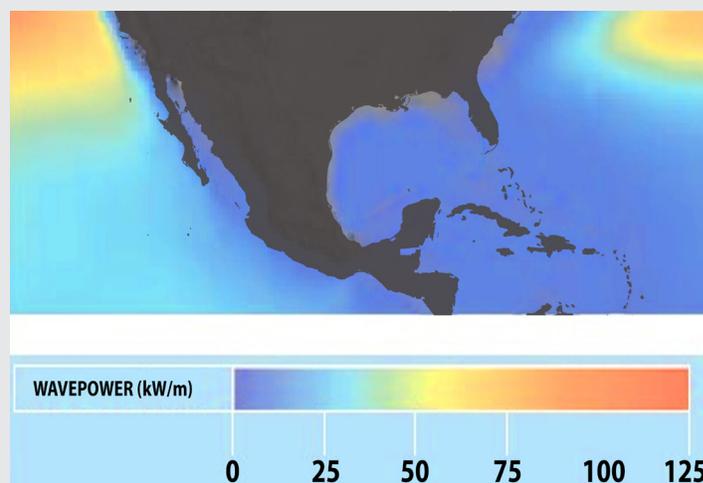


Figura 1. Distribución en México de la energía de las olas en Kw/m.

Fuente: J. Huckerby, H. Jeffrey, J. Sed, G. Jay y L. Finlay 2012.

El sector de la energía oceánica ofrece oportunidades significativas para contribuir a la producción de energía renovable con bajo contenido de carbono en todo el

mundo. La utilización de los recursos energéticos oceánicos contribuirá al futuro suministro de energía sostenible de nuestro planeta. La energía oceánica aportará electricidad, agua potable y otros productos a precios competitivos, creando empleos y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles. Además, reducirá las emisiones de carbono del sector energético mundial, al tiempo que minimizará el impacto negativo en los entornos marinos [6].

A partir de las premisas mencionadas como el potencial natural del oleaje para proporcionar la energía, la capacidad tecnológica-económica y los impactos hacia la sociedad y al medio ambiente donde nacen e identifican las variables para la evaluación del potencial energético de las olas, estas son:

- Variable Ambiental: Se debe de tomar en consideración las siguientes restricciones:

- Evitar regiones que sean consideradas con alto valor ecológico (reserva ecológica, por especies en peligro de extinción o por pertenecer a una ruta de migración de especies marinas).

- Actividad humana (navegación deportiva o de industria pesquera, explotación de hidrocarburos, acuicultura, recreación, investigación submarina o actividades militares).

- Variable de Factibilidad Técnica: Se considera de forma intrínseca dos criterios fundamentales, los cuales son:

- Potencia estimada de la ola, la cual se basa en la evaluación de las características de las olas (altura y periodo) y la potencia en kW/m explotable.

- Infraestructura, se investigó las condiciones extremas de mar a las que estarían expuestos los convertidores de energía, el cual se requiere evaluar preliminarmente el comportamiento hidrodinámico de los mismos.

- Variable Social: La electricidad trae consigo desarrollo y bienestar, así que la necesidad de contar con este tipo de servicio en el mundo es preponderante y es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, de manera particular el 7.

RESULTADOS

Las variables involucradas en el modelo forman parte de los ODS (ver Figura 2) por lo tanto, el modelo teórico tiene como eje rector la sustentabilidad.



Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.
Fuente: CEPAL 2018.

Y para atender el eje rector de sustentabilidad la primera variable a considerar fue la Variable Ambiental debido a su primordial importancia en la implementación de cualquier proyecto que tenga como objetivo el diseño y construcción de centrales undimotrices en cualquier parte del mundo, ya que de esta depende su viabilidad y factibilidad del mismo para que se pueda llevar a cabo, es indispensable considerar las restricciones ambientales, las cuales pueden exigir que se eviten algunas regiones que sean ecosistemas con alto valor ecológico, ya sea por formar parte de alguna reserva natural, por albergar especies en peligro de extinción o por pertenecer a una ruta de migración de especies marinas, arrecifes, condiciones adicionales entre los cuales se debe considerar si en la región de interés existen actividades importantes como navegación, explotación de hidrocarburos, pesca, acuicultura, recreación, investigación submarina o actividades militares.

En este sentido, la Variable Ambiental se divide en dos subvariables (ver Figura 3): Ecosistema Marino y Reserva Ecológica. Los ecosistemas marinos están formados por animales y plantas que viven en el mar y que se interaccionan entre sí, desde los más pequeños o microscópicos, hasta los más grandes. Los seres humanos formamos parte de los ecosistemas, y tenemos la gran responsabilidad de proteger y respetar las interacciones de vida para que no se dañen los mismos y siga existiendo un balance saludable de especies y florezca la vida tal y como la conocemos hasta el día de hoy.



Figura 3. Variable ambiental.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 se muestra las mediciones de las toneladas equivalentes de dióxido de carbono por sector que las genera, es así que se identifica que el sector electricidad es el que más gases de efecto invernadero emite a la atmósfera y de ahí radica la importancia de encontrar fuentes alternativas que nos brinden este tipo de energía y que sean más amigables con el medio ambiente.

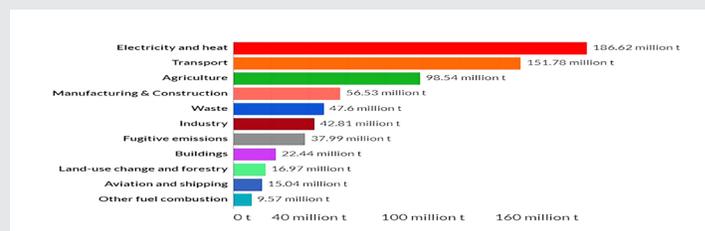


Figura 4. Emisiones de dióxido de carbono por sector en México.
Fuente: H. Ritchie, M. Roser y P. Rosado 2020.

En la Variable de Factibilidad Técnica se analizaron las características técnicas del modelo que se deben considerar para los estudios de factibilidad (ver Figura 5). En imperante mencionar que en la mayoría de la implementación de proyectos del sector energético, la variable de factibilidad técnica es la que impera en la toma de decisiones, sin embargo, aunque se reconoce su importancia, en esta investigación se le identificó su peso específico a la hora implementar el proyecto.



Figura 5. Variable de factibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad del recurso en kw/m, ubicación de la zona identificando la necesidad del servicio de electricidad y la cercanía a la infraestructura eléctrica existente son los criterios para tomar en cuenta en esta variable de estudio. La potencia disponible aprovechable del oleaje en kW/m, se puede calcular con datos de la altura significativa de la ola (m) y el periodo (s) con la finalidad de generar los mapas de distribución espaciotemporal de la potencia aledaña a la costa, esta información nos ayuda a identificar las posibilidades de aprovechamiento de energía undimotriz en nuestro país.

Para la Variable Social, la Agenda 2030 pide un cambio radical de los fundamentos de las economías mundiales. Esto llevaría al progreso de todas las personas de una manera inclusiva y justa, y que puedan mantenerse a lo largo del tiempo y a través de las generaciones. Las nuevas rutas para el progreso sostenible e inclusivo exigen una mentalidad sistémica, razón por la cual, la Agenda concibe a los ODS como un paquete integrado, es decir, interrelacionado a través de las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo [7, 9].

El mundo en el que vivimos tiene innumerables desafíos y uno de los principales es el de brindar electricidad a todos, es sabido que donde existe electricidad el desarrollo está vinculado fuertemente al progreso, la disponibilidad de poder contar energía proporciona en la mayoría de los casos cambios significativos en las personas y la sociedad, ya que es un medio que facilita el trabajo y la vida de forma significativa. Ver Figura 6:



Figura 6. Variable social.

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene identificado que el desarrollo industrial sostenible aumenta la productividad, genera un gran número de empleos y contribuye a la innovación tecnológica en todos los ámbitos.

En nuestro país aproximadamente no tienen acceso a electricidad 1,015,302 habitantes, con datos de la CFE [10], para poner en perspectiva, existen 3 estados de México con población menor en comparación con el total de personas que no tienen electricidad, los cuales se mencionan a continuación: Campeche (935,047), Baja California Sur (809,833), Colima (747,801), las personas que hoy no tienen acceso a electricidad en México sería el equivalente a un estado federal sin energía eléctrica. Esto sería lo equivalente a que una entidad federativa vive en la época medieval, por lo tanto debe ser prioridad de cualquier gestión gubernamental.

Con lo anterior podemos mencionar que en cuanto a si los dispositivos de generación de energía undimotriz si deberían ser flotantes o fijos, la respuesta dependerá de varios factores, como las condiciones específicas del sitio donde se instalarán, las características de las olas en ese lugar y las tecnologías disponibles.

En general, los dispositivos flotantes tienden a ser más adecuados para áreas con aguas profundas, donde los fondos marinos son difíciles de alcanzar o no son adecuados para soportar estructuras fijas (ver Figura 7). Los dispositivos flotantes pueden ser menos costosos y más fáciles de instalar y mantener, y también pueden ser más eficientes en la captura de la energía de las olas.



Figura 7. Generador eléctrico flotante Pelamis.

Fuente: N. S. Bliss 2020.

Por otro lado, los dispositivos fijos (ver Figura 8) pueden ser más adecuados para áreas con aguas menos profundas, donde es posible instalar estructuras fijas en el fondo marino. Los dispositivos fijos pueden ser más estables y seguros en condiciones de oleaje fuerte, y también pueden ser más fáciles de integrar en la red eléctrica.

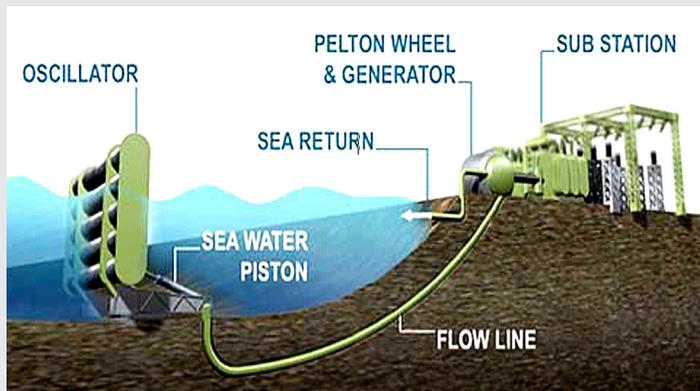


Figura 8. Convertidor de energía undimotriz tipo Oyster.
Fuente: N. S. Bliss 2020.

CONCLUSIONES

Se obtuvo como objetivo general proponer un modelo teórico que aborde el potencial energético eléctrico del oleaje y que este alineado a los ODS 2030, mostrando que México cuenta con todas las condiciones geográficas para convertirse en uno de los principales exponentes en este tipo de energía a nivel mundial.

Por tanto, una de las aportaciones que se presenten impulsar a partir de los resultados aquí plasmados y en un efecto multiplicador, es la de pasar del imaginario a la investigación aplicada, al impulso dentro del campo de acción-promoción de este tipo de tecnologías, generando el interés de inversionistas relacionados con el sector energético y de la construcción, de académicos y de la sociedad mexicana en su conjunto.

A continuación, se presentan las principales conclusiones alcanzadas al respecto y algunas sugerencias sobre posibles líneas de investigación que pueden derivarse del presente artículo.

- La aportación principal consiste en la propuesta de diseño del modelo teórico para evaluar el potencial teórico del oleaje en costas mexicanas, identificando las variables a considerar en su implementación.
- La identificación de las variables del modelo y el desarrollo de cada una de ellas, considerando las dimensiones de la teoría del Triple Bottom Line [12, 13]: Economía, Ambiente y Sociedad son fundamentales para que este tipo de tecnología se pueda incluir en proyectos estratégicos incluyendo la sostenibilidad como eje rector, con la finalidad de fortalecer las matrices energéticas de todos los países.

Hemos rescatado a partir de la revisión, que las dimensiones de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 se agrupan y se ajustan a la teoría del Triple Bottom Line (ver Figura 9) y que este tiene concordancia extensiva a nuestro modelo de estudio para la factibilidad de utilizar la energía undimotriz y así generar energía eléctrica renovable.



Figura 9. Variables de estudio y su relación a los ODS.
Fuente: Elaboración propia.

La energía es uno de los desafíos más importantes y urgentes a los que se enfrenta el mundo moderno, consideramos por esto vital el lograr obtenerla en nuestro país de una manera sostenible.

Por razones de equidad es necesario brindar el acceso a la energía moderna a las poblaciones que carecen de ella, pero, si las tecnologías utilizadas para acelerar el acceso a la energía tienen un significativo impacto ambiental, como hasta ahora sucede, sin duda se empeorarán los problemas ambientales y en particular, aquellos relacionados con el cambio climático. Es por esto que parte de las aportaciones que el presente documento comunica a través de los resultados obtenidos, es sobre las bondades de la energía de las olas es la opción más amigable, viable, factible, constante y propicia a desarrollar en México.

Conseguir generar energía limpia, a la vez que se impulsa el desarrollo económico de México impactaría positivamente en materia industrial, aprovechamiento de los recursos naturales y las condiciones geográficas del territorio mexicano para obtener energía sin alterar, afectar o impactar el medio ambiente de manera negativa. Hacerlo en uno de los países más ricos en diversidad ambiental como México, sin destrucción, mutilación, ni agotamiento de recursos naturales, es más que posible a través del aprovechamiento del oleaje, por lo que se considera a partir de la academia tomar como nuestra la responsabilidad, el promover y difundir la posibilidad de un futuro sostenible en materia energética.

En este sentido, el sector académico es otro ámbito importante que se debe de explotar en gran medida, es desde aquí, en donde se debiera desarrollar la teoría y el desarrollo tecnológico para la ampliar las fronteras del conocimiento y de la técnica. Esto debe ser ampliado a la comunidad estudiantil, para generar conciencia, interés y empatía sobre estos conceptos por parte de

las nuevas generaciones; fomentando el motivar a los jóvenes a investigar más sobre este tema, abundar en el conocimiento de éstas tecnologías, de tal forma que se genere un colectivo que en el futuro tenga los conocimientos necesarios para respaldar acciones, inversiones y políticas públicas que impulsen el desarrollo económico y de nuevas tecnologías, de la mano del cuidado al medio ambiente en nuestro país.

En la necesaria vinculación entre ciencia y política, los sectores académicos en particular las universidades están llamadas a analizar la coherencia de las políticas públicas. En la construcción de una institucionalidad para la evaluación de cualquier tipo de programa, por ejemplo, las universidades pueden ofrecer conocimiento, experiencia e imparcialidad para la evaluación de este tipo de proyectos, con la finalidad de construir un mundo sustentable.

En México, tenemos una responsabilidad enorme de poner la energía al alcance de todos de la forma en la que aquí se expuso, con respeto al medio ambiente. En un país mayoritariamente de pobres y con millones de habitantes carentes de energía, ha llegado la hora de aprovechar lo que nuestro propio territorio nos regala con su enorme litoral. Es nuestra obligación impulsar esta tecnología para el desarrollo de mejores prácticas industriales en el sector energético, que sirva de ejemplo para los otros tipos de industria y así incidir fuertemente en todo el modelo económico nacional. Empezando por difundir los resultados, para generar el interés de la sociedad, la academia, el empresariado y los gobiernos, para motivar la inversión y crear un nuevo estilo de aprovechamiento amigable con el ambiente, que por último nos lleve a lograr una obligatoriedad, a través de leyes y ordenanzas, que conviertan lo que hoy parece lejano, en posible y después obligado para nuestro país.

En el proceso de construcción del modelo teórico de estudio (ver Figura 10) se considera la secuencia que se debe de seguir en la evaluación de cada una de las variables, en primer lugar es primordial que en la variable ambiental este contemplada cada uno de los elementos indispensables y de carácter obligatorio para la continuidad de la propuesta del modelo, dentro de los cuales se destaca el área en la cual se pretende construir la central de generación undimotriz, que esta no sea un espacio protegido o reserva natural, que no se vea afectada las especies marinas, ya que la premisa fundamental se basa en que pueda generar electricidad de una forma más amigable con nuestro ecosistema, en segundo lugar la variable social y la de factibilidad técnica están en el mismo nivel en la representación de nuestro modelo de estudio, lo cual quiere decir que ambas variables se evalúan de forma simultánea y que deben de validarse con las características particulares de cada una para continuar con la implementación del mismo.

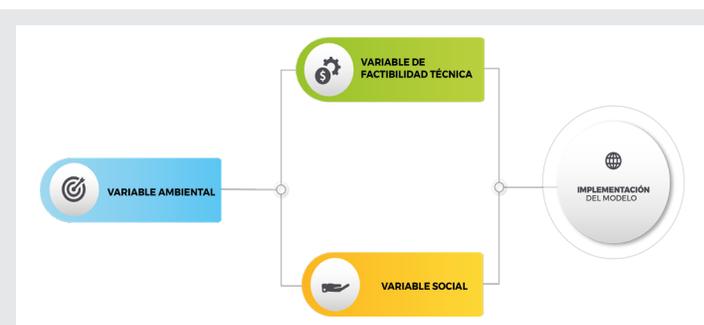


Figura 10. Representación del modelo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Es así que para alcanzar la implementación del modelo teórico (ver Figura 11) es necesario considerar la importancia y necesidad del proyecto estudiando cada una de las variables a partir de la siguiente metodología:

- 1) Identificar la energía del oleaje: Nuestro país cuenta con las características necesarias para poder utilizar este tipo de tecnología con los más de 11 000 km de costa.
- 2) Validación ambiental: Todas las condiciones de esta variable deben satisfacerse en su totalidad y si se detecta cualquier impacto negativo al ecosistema se descarta la implementación. Si la validación ambiental es positiva se continúa con el modelo teórico de estudio.
- 3) Validación técnica y social: Se debe considerar para su cumplimiento, las características particulares del lugar al cual se le suministrará la energía, necesidad de la misma, disponibilidad del aprovechamiento del oleaje para convertir en electricidad, infraestructura existente, por mencionar algunos aspectos.
- 4) Implementación del modelo teórico de estudio: Con la validación positiva de las 3 variables el proceso de cualquier proyecto a realizarse tiene altas posibilidades de ser exitoso.



Figura 11. Proceso del modelo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

