

ISSN 2523-6865

Volumen 4, Número 11 — Enero — Junio — 2020

Revista de Simulación Computacional

ECORFAN®

ECORFAN-Taiwan

Editor en Jefe

QUINTANILLA - CÓNDOR, Cerapio. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Simulación Computacional,

Volumen 4, Número 11, Enero a Junio 2020,

es una revista editada semestralmente por

ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei.

YongHe district, Zhong Xin, Street 69.

Postcode: 23445. WEB:

www.ecorfan.org/taiwan,

revista@ecorfan.org. Editor en Jefe:

QUINTANILLA - CÓNDOR, Cerapio.

PhD. ISSN: 2523-6865. Responsables de la

última actualización de este número de la

Unidad de Informática ECORFAN.

ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda,

LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30

de Junio 2020.

Las opiniones expresadas por los autores no

reflejan necesariamente las opiniones del

editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la

reproducción total o parcial de los

contenidos e imágenes de la publicación sin

permiso del Instituto Nacional de defensa de

la competencia y protección de la propiedad

intelectual.

Revista de Simulación Computacional

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de sistema de telemetría, intervalo difuso, estimulación eléctrica, controlador difuso, aplicación móvil, red de comunicaciones, plataforma web, control de producción, tecnología computacional, electrónica de la computadora, dispositivos de control, lenguajes de programación y sistemas de producción automatizados.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Simulación Computacional es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de telemetría, intervalo difuso, estimulación eléctrica, controlador difuso, aplicación móvil, red de comunicaciones, plataforma web, control de producción, tecnología computacional, electrónica de la computadora, dispositivos de control, lenguajes de programación y sistemas de producción automatizados con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

RODRIGUEZ - ROBLEDO, Gricelda. PhD
Universidad Santander

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

Comité Arbitral

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ANTOLINO - HERNANDEZ, Anastacio. PhD
Instituto Tecnológico de Morelia

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Simulación Computacional emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de telemetría, intervalo difuso, estimulación eléctrica, controlador difuso, aplicación móvil, red de comunicaciones, plataforma web, control de producción, tecnología computacional, electrónica de la computadora, dispositivos de control, lenguajes de programación y sistemas de producción automatizados y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

En el primer artículo se presenta, *Modelos de simulación computarizados aplicados a las prácticas tradicionales pesqueras de los huaves en San Francisco del Mar, Oaxaca*, por BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ROJAS-SANTOS, Guadalupe, CASTRO-CASTRO, Salvador Patricio y GALEANA-CORTAZAR, Ángel Roberto, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Pochutla, como siguiente artículo está *Poisson para tasa de defectos en construcción de software*, por LÓPEZ-PADILLA, Gilberto, SORIA-GARCÍA, Myriam y SANTOS-POMPA, Diego Marcelo, con adscripción en la Universidad Tecnológica de León, como siguiente artículo está *Sistema de información para la caracterización de imágenes de desgaste en álabes de rotor de una turbina de gas*, por VILLAGRÁN-VILLEGAS, Luz Yazmín, PATIÑO-ORTIZ, Miguel, HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Luis Héctor y VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Víctor, con adscripción en el Instituto Politécnico Nacional y Universidad Veracruzana, como siguiente artículo está *Control robusto de la actitud para el seguimiento de trayectoria de un VANT*, por DIAZ-TELLEZ, Juan, ESTEVEZ-CARREÓN, Jaime, SILVA-JUÁREZ, Alejandro y GARCÍA-RAMÍREZ, Rubén Senén, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Puebla y Universidad Tecnológica de Puebla.

Contenido

Artículo	Página
Modelos de simulación computarizados aplicados a las prácticas tradicionales pesqueras de los huaves en San Francisco del Mar, Oaxaca BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ROJAS-SANTOS, Guadalupe, CASTRO-CASTRO, Salvador Patricio y GALEANA-CORTAZAR, Ángel Roberto <i>Instituto Tecnológico de Pochutla</i>	1-22
Poisson para tasa de defectos en construcción de software LÓPEZ-PADILLA, Gilberto, SORIA-GARCÍA, Myriam y SANTOS-POMPA, Diego Marcelo <i>Universidad Tecnológica de León</i>	23-26
Sistema de información para la caracterización de imágenes de desgaste en álabes de rotor de una turbina de gas VILLAGRÁN-VILLEGAS, Luz Yazmín, PATIÑO-ORTIZ, Miguel, HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Luis Héctor y VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Víctor <i>Instituto Politécnico Nacional</i> <i>Universidad Veracruzana</i>	27-34
Control robusto de la actitud para el seguimiento de trayectoria de un VANT DÍAZ-TELLEZ, Juan, ESTEVEZ-CARREÓN, Jaime, SILVA-JUÁREZ, Alejandro y GARCÍA-RAMÍREZ, Rubén Senén <i>Instituto Tecnológico de Puebla</i> <i>Universidad Tecnológica de Puebla</i>	35-41

Modelos de simulación computarizados aplicados a las prácticas tradicionales pesqueras de los huaves en San Francisco del Mar, Oaxaca

Computerized simulation models applied to the traditional fishing practices of the huaves in San Francisco del Mar, Oaxaca

BÁEZ-IBARRA, Alejandro†*, ROJAS-SANTOS, Guadalupe, CASTRO-CASTRO, Salvador Patricio y GALEANA-CORTAZAR, Ángel Roberto

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Pochutla, México.

ID 1^{er} Autor: *Alejandro, Báez-Ibarra* / ORC ID: 0000-0002-1935-2482, CVU CONACYT ID: 537153

ID 1^{er} Coautor: *Guadalupe, Rojas-Santos* / ORC ID: 0000-0002-6743-065X, CVU CONACYT ID: 999419

ID 2^{do} Coautor: *Salvador Patricio, Castro-Castro* / ORC ID: 0000-0001-7125-1569, CVU CONACYT ID: 1067525

ID 3^{er} Coautor: *Ángel Roberto, Galeana-Cortazar* / ORC ID: 0000-0003-2545-9806, CVU CONACYT ID: 512969

DOI: 10.35429/JCS.2020.11.4.1.22

Recibido: 10 de Enero, 2020; Aceptado 30 de Junio, 2020

Resumen

En esta investigación se estudia el uso de las técnicas y prácticas que utilizan los mareños (huaves de San Francisco del Mar) en la pesca tradicional, y así obtener datos sobre el estado actual de dichas actividades, que se ven amenazadas constantemente. Por lo anterior, se representan las técnicas de pesca en un software específico que permitirá beneficiar al pescador y a la comunidad que haga uso de la misma, considerando la generación y/o creación de software especializado con un enfoque particular, no descartando la posible expansión de este (o que sirvan como base) para el análisis de otras técnicas en diferentes comunidades indígenas, otros sectores de la sociedad o incluso a nivel industrial. Los resultados son plasmados en un orden de abordaje que conlleva primeramente la parte cultural de todo el estudio, resultado de las encuestas y entrevistas llevadas a cabo en distintos momentos a lo largo de esta investigación. Se obtiene al final una implementación de un modelo propuesto denominado Modelo Híbrido de Pronóstico de Pesca, que representa un avance en el ámbito del desarrollo tecnológico. El MHPP conjuga cuatro teorías basadas en tres métodos: método científico (teoría de mareas), método empírico-analítico (teoría solunar) y método empírico (modelo general de la luna + cosmovisión huave: calendario lunar huave).

Abstract

This research studies the use of techniques and practices used by the mareños (huaves of San Francisco del Mar) in traditional fishing, and thus obtain data on the current state of various activities, which are constantly threatened. Therefore, fishing techniques are represented in a specific software that will benefit fishermen and the community that makes use of it, the generation and/or creation of specialized software with a particular focus, without ruling out the possible expansion of this (or that serve as a basis) for the analysis of other techniques in different indigenous communities, other sectors of society or even at the industrial level. The results are reflected in an order of approach that primarily involves the cultural part of the entire study, the result of surveys and interviews carried out at different times throughout this research. In the end, an implementation of the proposed Hybrid Model of Fishing Forecast is obtained, which represents an advance in the field of technological development. The MHPP combines four theories based on three methods: scientific method (tidal theory), empirical-analytical method (solunar theory) and empirical method (general model of the moon + huave worldview: huave lunar calendar).

Modelos, Computarizados, Pesqueras

Models, Computerized, Fisheries

Citación: BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ROJAS-SANTOS, Guadalupe, CASTRO-CASTRO, Salvador Patricio y GALEANA-CORTAZAR, Ángel Roberto. Modelos de simulación computarizados aplicados a las prácticas tradicionales pesqueras de los huaves en San Francisco del Mar, Oaxaca. 2020. 4-11:1-22.

* Correspondencia al autor (Correo electrónico: abaezi@pochutla.tecnm.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El grupo Ikoots, también conocidos como juaves, wabis, mareños, huazantecos o huaves, está distribuido en la actualidad en cuatro localidades: San Francisco del Mar, San Mateo del Mar, San Dionisio del Mar y Santa María del Mar; que forman la tierra conocida como de *Ikoots*.

Las vías de comunicación existentes se limitan a caminos aún de terracería entre Salina Cruz y San Mateo del Mar, el camino concluye en el municipio de Santa María del Mar que se considera la cuarta población ikoot de relativa importancia de acuerdo a la cantidad de pobladores y a la presencia que tiene dentro de la zona. Referente a los accesos a San Francisco del Mar y San Dionisio del Mar, estos se dificultan por las zonas lagunares, por lo que es necesario rodearlos para entrar por San Francisco Ixhuatán. Las posibilidades de comunicación entre los cuatro municipios se reducen a dos vías: la terrestre, a través de la carretera federal, y mediante embarcaciones a lo largo de las lagunas cuando las condiciones climatológicas lo permiten (CDI, 2009).

En su historia los ikoots han enfrentado y superado en algunas ocasiones la posible desaparición de sus pueblos y tradiciones, desde las antiguas invasiones zapotecas, aztecas y de los españoles hasta los conflictos que se viven actualmente entre las mismas comunidades mareñas y con otras comunidades aledañas por conflictos de límite de tierras. Además, en años recientes la expansión de las grandes empresas eólicas como Vestas, Iberdrola, Gamesa y acciona entre otros, han provocado graves daños ambientales a través de sus parques eólicos establecidos como: Piedra Larga, Palo Alto, La Mata, La Venta, entre otros (The Wind Power, 2016); además, han afectado de manera directa el área geográfica de los ikoots, quienes en buena medida se dedican a la pesca y al comercio de peces, jaibas y camarones. Esta problemática ha empezado a resurgir en la actualidad debido a la reciente presencia y presión de empresas extranjeras que intentan imponer a toda costa sus proyectos, sobre todo eólicos, lo cual ha ocasionado conflictos y división entre las mismas comunidades, tanto de carácter social, económico y político.

Lo anterior aunado a la pérdida de gran parte del territorio ikoot que limita enormemente otras prácticas tradicionales paralelas a la pesca, como la agricultura, ganadería, entre otros, y por ende la pérdida del patrimonio biocultural (Beas, 2012).

De acuerdo con Beas Torres (2012), otro de los principales problemas que amenaza fuertemente el patrimonio de los ikoots referente a sus prácticas pesqueras es la contaminación de sus lagunas, lo que está provocando la desaparición de las mismas o no ser utilizadas como recurso para la subsistencia de las especies marinas; dicha contaminación se debe por lo regular a la Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime operada por PEMEX y a la ampliación del puerto de carga de buques petroleros, ambos ubicados en Salina Cruz, lo que ocasiona también el cierre de las barras en zona mareña.

Hoy en día la falta de información en las comunidades entorno a la generación de energía y aprovechamiento de los recursos naturales, y sobre todo la aplicación de una consulta previa a los habitantes, que respete las formas de organización de esta cultura, ha ocasionado graves problemas en toda la región y sus poblaciones: división y confusión entre la gente. Mientras esto ocurre, el gobierno federal utiliza los medios de comunicación masivos para difundir "proyectos que generan energía limpia", sin dar a conocer que detrás de estos existirá el despojo y desaparición del patrimonio de los pueblos indígenas, y todo para beneficio específico de grandes empresas trasnacionales y extranjeras (Beas, 2012).

La principal actividad de sustento de los ikoots es la pesca, de la cual obtienen los recursos necesarios para subsistir. Las actividades de pesca realizadas por los ikoots, la llevan a cabo en dos sitios: en las lagunas y en mar abierto; para la mayoría de los casos los pescadores utilizan rústicos cayucos impulsados con un remo y/o una vara. Cuando pescan en mar abierto, entre los meses de octubre y febrero, cuando existe mucho viento del Norte, algunos pescadores sacan papalotes para pescar que se considera como una técnica funcional rudimentaria (Martínez, 2010).

En esta investigación se ejemplifica el uso de las técnicas y prácticas que utilizan los mareños en la pesca tradicional, así como obtener datos sobre el estado actual de dichas actividades de pesca, que se ven amenazadas tomando en cuenta lo anteriormente comentado.

Por la importancia que asumen las técnicas tradicionales de pesca en esta región se determina bajo un sustento teórico-práctico el funcionamiento de las mismas, ofreciendo respuestas al por qué, el cómo y desde cuándo les han permitido a los pescadores utilizarlas y obtener beneficios a partir de estas.

Los procesos y procedimientos involucrados y que utilizan las técnicas de pesca, así como las múltiples variables involucradas, serán analizadas detalladamente a través de estudios de campo más profundos e investigación de acción participativa, considerando la aplicación de encuestas y entrevistas individuales y grupales. Lo anterior representa las técnicas de pesca en un software específico que permita beneficiar al pescador y a la comunidad que haga uso de la misma, considerando la generación y/o creación de software especializado con un enfoque particular, no descartando la posible expansión de este (o que sirvan como base) para el análisis de otras técnicas en diferentes comunidades indígenas, otros sectores de la sociedad o incluso a nivel industrial. Cabe mencionar a que independientemente se generan nuevos conocimientos (software, técnicas de análisis, algoritmos, entre otros), se considera también una aportación al desarrollo tecnológico en general, pues la creación, invención, uso y aplicación de nuevas herramientas tecnológicas son la base para el desarrollo local de una comunidad.

En las siguientes secciones se presenta, la computarización de las prácticas tradicionales pesqueras, es decir, el desarrollo del software (registro de propiedad intelectual), modelo teórico-práctico aplicado, documentación de las técnicas tradicionales pesqueras (varias o una sola, conservación de patrimonio cultural), una retroalimentación constante (actualización) y el procesamiento de toda esta información considerando la retroalimentación mencionada.

Método y metodología

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), la metodología de la investigación consiste en los diferentes pasos o etapas que son realizados para llevar a cabo una investigación social y científica. El proceso de investigación abarca desde un enfoque experimental hasta uno no experimental, así como cuantitativo y cualitativo. Esta investigación se llevará a cabo a partir de dos vertientes:

- La investigación básica, que es la que realiza conocimientos y teorías.
- La investigación aplicada, que es la que soluciona problemas prácticos.

El principal propósito es crear una aplicación en la cual se puedan representar las variables relacionadas a las actividades de la pesca tradicional de los ikoots, en específico de San Francisco del Mar, Oaxaca; lo anterior para plantear escenarios a futuro y analizar el comportamiento de dichas actividades y proponer (si es posible) mejoras a las mismas y al entorno de aplicación, todo esto enfocado en el desarrollo local de la comunidad para su beneficio.

Lo anterior se lleva a cabo a partir de la aplicación del método etnográfico que permite el conocimiento de la comunidad de estudio y la identificación de las variables objeto de interés pues se busca un análisis de aspectos cualitativos dados por los comportamientos de los individuos, de sus relaciones sociales y de las interacciones con el contexto en que se desarrollan.

Metodología propuesta

La metodología por seguir (Figura 1) se distribuye en tres fases y corresponde de acuerdo a la teoría fundamentada a una investigación mixta (con enfoque integrador):

- Fase 1: en esta primera parte predomina el enfoque cualitativo y se aplica el método etnográfico, pues en ésta se definen las categorías mediante el análisis de la información recabada a partir de estudios de campo. Asimismo, durante el desarrollo de la investigación y los subsecuentes estudios de campo, se definen la(s) técnica(s) a estudiar y modelar, a partir de criterios bien definidos de acuerdo con el comportamiento de los datos recabados.
- Fase 2: en ésta predomina un enfoque cuantitativo, ya que se analizan los datos proporcionados por la información de campo y estadísticas de las cooperativas (si se tienen), considerando conteos, productividad, en las distintas épocas del año. En esta misma fase se establece el planteamiento y creación de la aplicación móvil conforme al análisis realizado en la fase uno.
- Fase 3: en esta fase se lleva a cabo la implementación de una aplicación desarrollada, utilizando las herramientas tecnológicas necesarias y cuidadosamente seleccionadas para que la curva de implementación sea la más óptima y que su aplicación considere aspectos a priori en cuanto a: consideración de nuevos parámetros a implementar (personalizable), actualización (nuevas versiones), mantenimiento (optimización), usabilidad (amigable) y funcional (representación de resultados fáciles de interpretar).

Fase 1	Fase 2	Fase 3
<ul style="list-style-type: none"> • Predomina el enfoque cualitativo. • Estudios de campo. • Análisis de información recabada. • Categorización. • Selección de la(s) técnica(s) de pesca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Predomina el enfoque cuantitativo. • Análisis de información cuantitativa obtenida en campo: estadísticas propias y de cooperativas. • Creación de la app. • Análisis, estudio, comparativas y selecciones de herramientas tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de la app. • Versionamiento del software. • Pruebas. • Planteamiento de escenarios. • Documentación. • Licenciamiento o patentado.

Figura 1 Representación genérica de la metodología propuesta en esta investigación

Fuente: *Elaboración propia*

Aspectos culturales

El estudio de campo es una de las nociones más importantes de cualquier tipo de ciencia, ya que es aquel momento en que la teoría es puesta a prueba, para establecer si los elementos que la caracterizan son correctos o no. Varían obviamente de acuerdo al tipo de ciencia y no será lo mismo un estudio de campo de una ciencia exacta que de una ciencia social. Sin embargo, todas las ciencias tienen su propio método para llevar a cabo estos estudios y verificar si lo establecido en la teoría es válido (Molina, 2015).

Estudio preliminar

Un estudio preliminar de campo se llevó a cabo para obtener información de las actividades de pesca utilizadas por los pescadores de San Francisco del Mar, el instrumento de recopilación de información aplicado fue el de tipo encuesta-entrevista. La aplicación de las entrevistas a distintos pescadores fue realizada en el periodo del 7 al 11 de mayo del 2015 considerando tres días hábiles, este periodo fue el idóneo debido a que las condiciones climáticas en ese momento lo permitieron, y por ende no se presentaron inconvenientes en el traslado, transporte y acceso a la zona de estudio.

Zona de aplicación del estudio de campo

La zona para la aplicación del estudio campo sobre las actividades de pesca tradicionales fue San Francisco del Mar. Para el acceso a esta zona se optó por una ruta alterna tomando un tiempo de recorrido de una hora y media aproximadamente. En la figura 2 se muestra la ruta seguida a partir del trazado de tres opciones posibles, siendo de acuerdo a criterio propio la más conveniente la ruta que rodea al municipio de San Francisco del Mar mediante la carretera 190 desviándose hacia el municipio de San Francisco Ixhuatán.

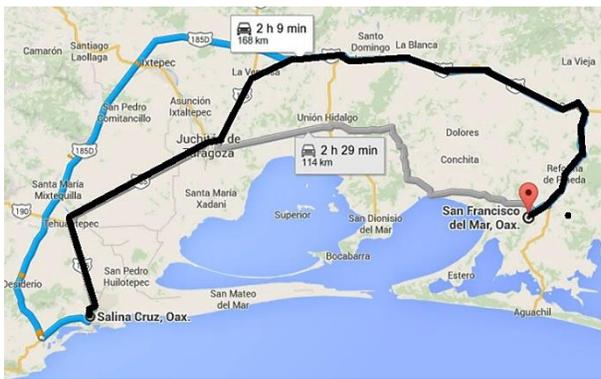


Figura 2 Ruta de acceso seguida para la aplicación del estudio de campo

Fuente: Elaboración propia, Google Maps

Las dos rutas existentes: por la carretera 1850-190 y la carretera 185 (por Unión Hidalgo) fueron descartadas; la primera debido a que el tiempo de viaje era considerablemente mayor, y habría que realizar el pago de cuotas de peaje por el uso de la supercarretera. La segunda opción (carretera 185-Unión Hidalgo) no se tomó en cuenta debido a las condiciones de terracería de la carretera de acceso entre Juchitán y Unión Hidalgo, además del desconocimiento de los caminos que comunican a San Dionisio del Mar y San Francisco del Mar, Oaxaca. Por los motivos anteriores se decidió aprovechar una vía alterna existente que se sigue al unir las carreteras 185 y 190: de Salina Cruz a La Ventosa (carretera 185) y de la Ventosa a San Francisco Ixhuatán (parte de la carretera 190); esto por las buenas condiciones de las carreteras y la considerable disminución del tiempo de viaje. Existe una ruta adicional que deriva de la elegida y consiste en tomar la desviación por la comunidad de El Zopilote, sin embargo, las malas condiciones del este camino no permiten considerarla para el acceso a San Francisco del Mar.

Muestra

De acuerdo con cifras del INEGI (2010), la cantidad de Unidades Económicas (UE) registradas y dedicadas a la pesca en San Francisco del Mar Pueblo Viejo y todas las actividades pesqueras: distribución, venta, obtención; asciende a 12 UE empleando entre 1 y 5 personas, por lo que el total de personas es de 60 para todas las unidades económicas registradas por INEGI.

Por la naturaleza del estudio, se hizo impráctico basarse en las estadísticas del INEGI porque considera en general a todas las actividades de pesca y las entrevistas se requieren aplicar solo a pescadores. Es imposible determinar a partir de los datos del INEGI la cantidad de pescadores existentes debido a que San Francisco del Mar actualmente tiene más de 7,232 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (2010).

Para la selección de la muestra fue posible estimar un número apropiado a partir de la única cooperativa existente en San Francisco del Mar Pueblo Viejo (Santa Rosa) que tiene asociados a 63 pescadores. Por tal motivo, la población total considerada fue de 63 calculando una muestra a partir de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (1)$$

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

Valor de k	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

Figura 3 Niveles de confianza para el cálculo de la muestra

Fuente: Obtenido a partir de la campana de Gauss

Sustituyendo en la fórmula los valores de $N=63$ para un nivel de confianza del 90% con $Z=1.65$, y tomando valores estándar para y e $e=0,05$, se obtiene el siguiente valor estimado para la muestra:

$$n = \frac{(63)(0.5)^2 (1.65)^2}{(0.05)^2(63-1)+(0.5)^2(1.65)^2} = 27 \quad (2)$$

Como resultado se obtiene una aplicación de 27 entrevistas a pescadores, y esto sin tomar en cuenta otras cooperativas de otras agencias y tampoco a los pescadores independientes (no asociados), por lo cual es relativamente difícil obtener una cantidad certera de la población total de pescadores en San Francisco del Mar Pueblo Viejo y Pueblo Nuevo.

Encuesta piloto

En esta parte del estudio de campo tomando como referencia la Fase 1 de la metodología propuesta, se aplicaron 15 encuestas cuyos datos serán analizados en el apartado siguiente. Por obvias razones el estudio debe seguir aplicándose en un futuro próximo para reducir los márgenes de inconsistencia de los datos y poder establecer los criterios de selección de las técnicas pesqueras.

Es necesario comentar que esta entrevista deberá adaptarse para futuras aplicaciones y considerar los aspectos presentados en la aplicación de la entrevista piloto: reducción de tiempo, preguntas irrelevantes, nivel de estudio de los pescadores, entre otros.

Análisis de la información

Realizando un análisis de la información recabada y considerando únicamente aquellas preguntas que permiten identificar las tendencias de cada una de ellas, se presentan los siguientes resultados:

Referente al conocimiento sobre el concepto de Pesca Tradicional, todos los pescadores conocen el concepto, no así la Pesca Deportiva y la Pesca Industrial (ver Gráfico 1).

Concepto de pesca tradicional

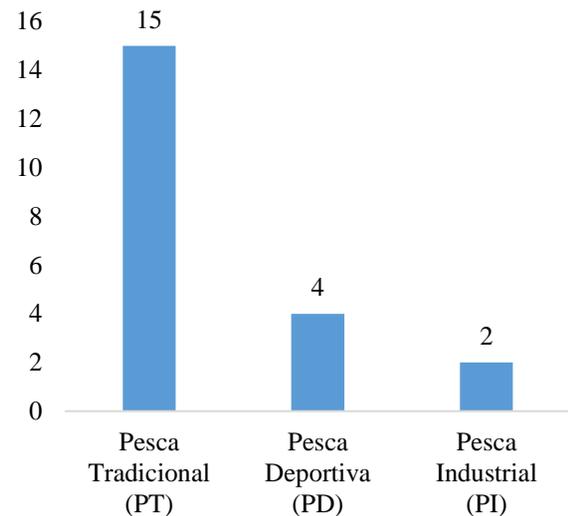


Gráfico 1 Interpretación del concepto de pesca tradicional
Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el estudio de campo

Todos los entrevistados se dedican a la pesca tradicional y solo uno ha practicado la pesca deportiva (ver Gráfico 2).

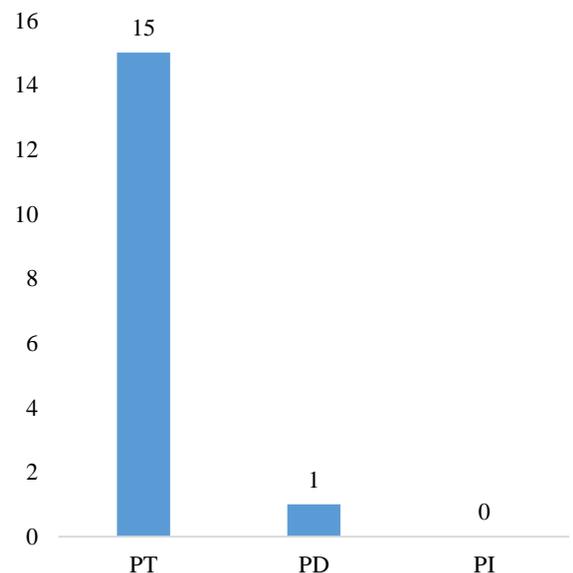


Gráfico 2 Personas dedicadas a la pesca tradicional
Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el campo de estudio

La mayoría de los pescadores entrevistados tienen una amplia experiencia dedicándose a las actividades de pesca, no existen pescadores principiantes (ver Gráfico 3).

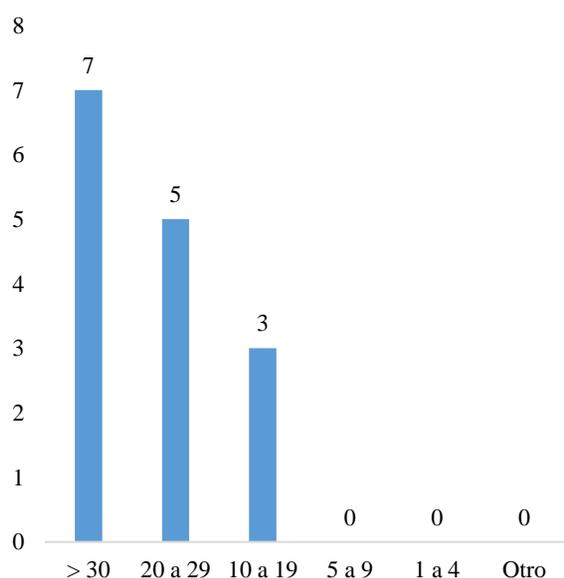


Gráfico 3 Experiencia en años de los pescadores entrevistados

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el campo de estudio

Con respecto a las técnicas de pesca, la técnica más utilizada por los pescadores entrevistados es el de la Atarraya (ver Gráfico 4).

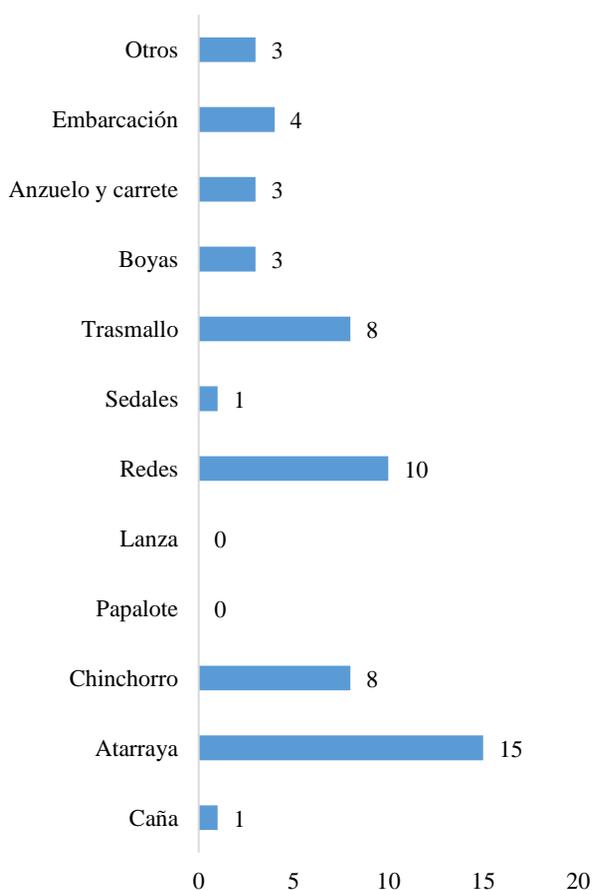


Gráfico 4 Técnica de pesca más utilizada

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el estudio de campo

En cuanto a la fabricación de sus instrumentos de pesca la mayoría opta por obtenerlos fuera y ya fabricados, es decir la actividad artesanal de fabricación de instrumentos de pesca se está perdiendo (ver Gráfico 5).

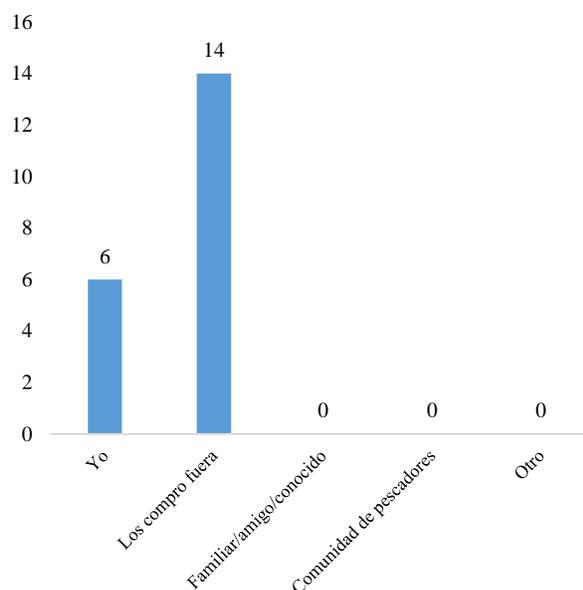


Gráfico 5 Fabricación de los instrumentos de pesca

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el estudio de campo

La mayoría de los pescadores utiliza embarcaciones para llevar a cabo sus actividades, ello implica el uso de equipo de seguridad, aunque no todos se percatan de la importancia de éste (ver Gráfico 6).

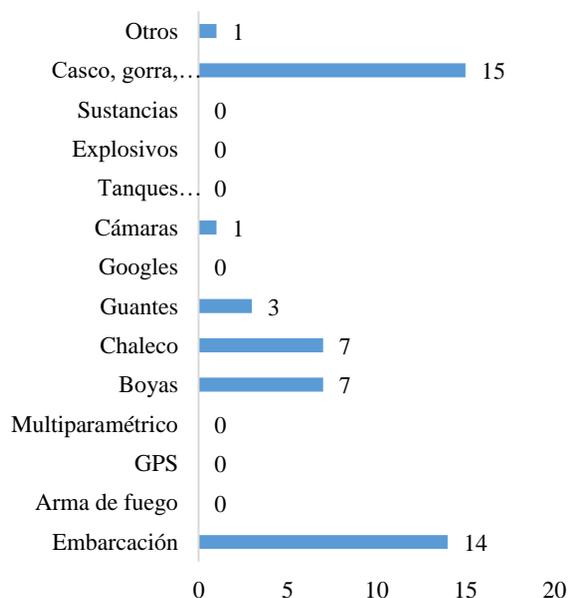


Gráfico 6 Equipamiento adicional utilizado por los pescadores

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el campo de estudio

Por otro lado, de acuerdo con el criterio de los pescadores entrevistados y a su experiencia propia, existen distintas especies que predominan en la zona, se observa en el Gráfico siguiente que las especies predominantes son: lisa, bagre, pargo, robalo, mojarra blanca y camarón café.

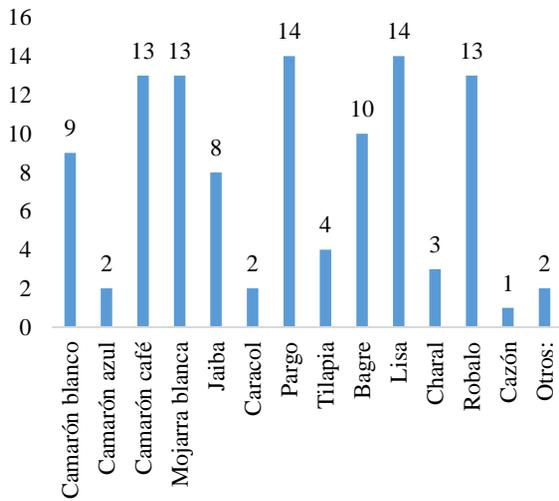


Gráfico 7 Especies dominantes en la zona de acuerdo con los pescadores

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el estudio de campo

El Gráfico 8 muestra un panorama muy general de la tendencia a la hora de seleccionar los criterios para definir la(s) técnica(s) a analizar, se observa que la especie más aprovechada es el camarón, lo que sugiere contemplar a esta especie para su estudio haciendo referencia a la técnica de Copitos.

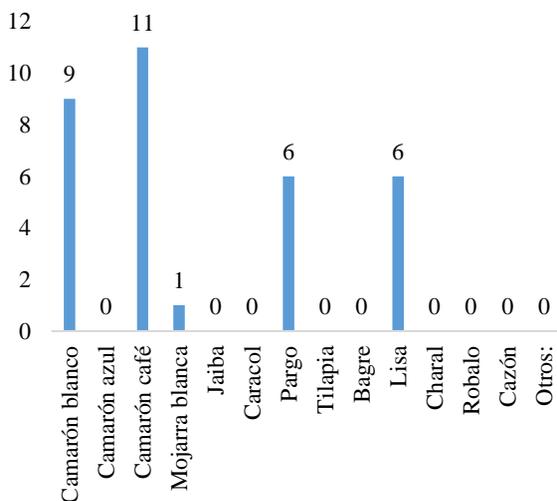


Gráfico 8 Especie aprovechada por la mayoría de los pescadores

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el campo de estudio

De acuerdo con los entrevistados, la mayoría coincide con que el mar abierto es la mejor zona de pesca ya que se puede encontrar todos los productos, así también el Marcito es considerado por ellos como la segunda mejor zona de pesca. Esta última zona no se contempló en la entrevista siendo un hallazgo que deberá tomarse en cuenta en los siguientes trabajos de campo, por lo que se deben replantear los reactivos del formato de entrevista (ver Gráfico 9).

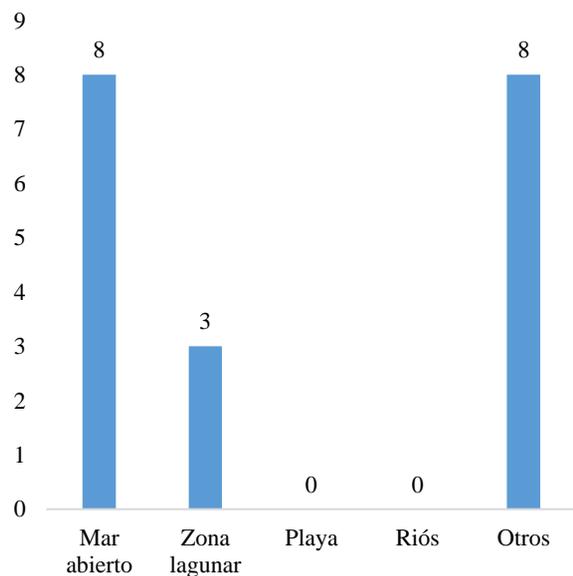


Gráfico 9 Mejor zona de pesca a criterio de los pescadores entrevistados

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el campo de estudio

Referente a los tipos de especies existentes en las zonas mencionadas, todos los pescadores coinciden en que la especie a obtener depende totalmente de la zona donde se pesca, a excepción del mar abierto, pero es difícil identificar en mar abierto una subzona específica para obtener un tipo de especie en particular.

Los pescadores basan su sustento en la pesca y por ende se dedican a comercializar sus productos del mar en distintos lugares. De acuerdo con el estudio de campo todos los pescadores esperan la temporada alta para vender sus productos a distribuidores externos que llegan a surtirse en camionetas especiales y equipadas para transportar el producto. Como aspecto secundario cabe mencionar que todos los pescadores aprovechan los recursos del mar para consumo propio en su dieta diaria.

Los pescadores realizan sus actividades acompañados de otros en todo momento, nunca se van a pescar solos por cuestiones de seguridad en caso de accidente.

También es importante mencionar que las mujeres y niños no representan problema alguno en sus actividades de pesca, pues hay quienes las llevan como ayudantes siempre y cuando se queden a la orilla del mar. A las mujeres y niños no se les permite entrar al mar para pescar, no tanto por creencia si no por su seguridad física. La única creencia que tienen los pescadores de San Francisco del Mar es la existencia de un dios, que coincide en el dios católico y cristiano: Dios, Cristo, Jesucristo y Jehová. Se desconoce si alguno de los pescadores hace referencia como Dios a algún Monteok. La práctica común antes de sus actividades de pesca es la oración, rezo y bendición entre ellos.

Considerando un aspecto muy importante en sus actividades, de acuerdo con su experiencia contemplan los meses o temporadas más productivas mostradas en el Gráfico 10, estos por ser los meses donde tienen mayor producción obteniendo buenas ganancias a partir de la pesca.

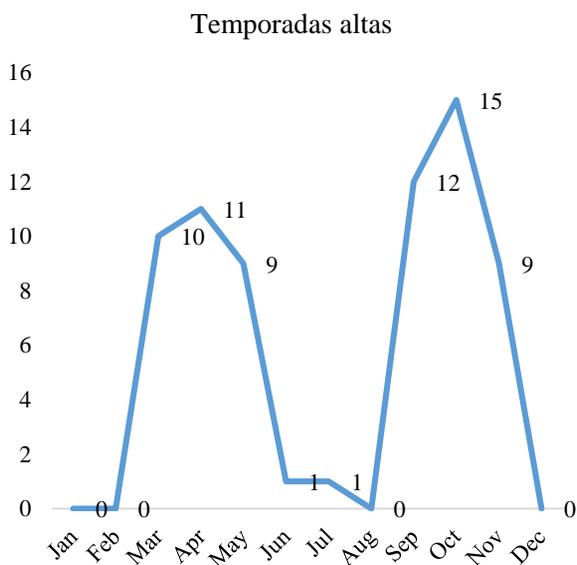


Gráfico 10 Meses considerados como los más productivos por los pescadores
 Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el estudio de campo

Gracias a los conocimientos adquiridos por medio de la experiencia los pescadores argumentan que los días de pesca no son importantes y son variables; dependen en su totalidad del estado actual de la luna (estaciones lunares) y lo denominan como “Calendario Lunar”, el cual está basado en la Luna Nueva y en este se fijan los días y horarios de pesca.

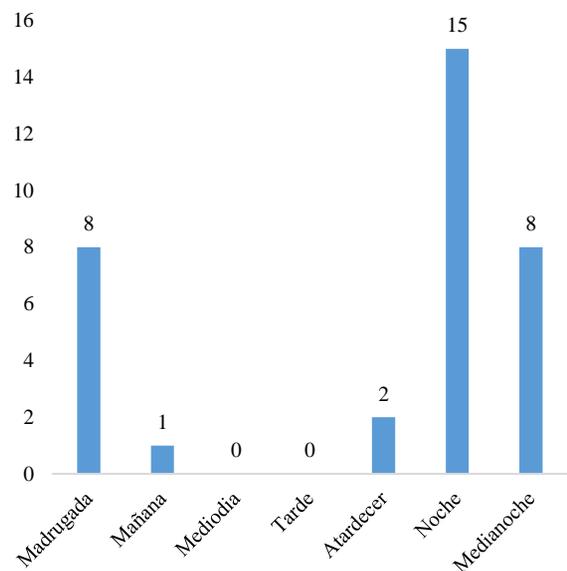


Gráfico 11 Mejor horario de pesca de acuerdo con el criterio de los pescadores
 Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas aplicadas en el estudio de campo

Por último, pese a que la mayoría de los pescadores son renuentes a la participación en las entrevistas con personas foráneas, no todos están conscientes y dispuestos en permitir que sus técnicas sean documentadas y sometidas a estudios, pues la gran mayoría las identifica como únicas y propias de su comunidad.

Puente 14 y El Cero

Se realizó un estudio de carácter de acción participativa para adentrarse en la conceptualización de la investigación, esta fue consistente en un recorrido por las playas correspondientes de la agencia de El Vergel del Maíz perteneciente a San Francisco del Mar, Oaxaca. Este fue representativo para la investigación pues gracias al material obtenido (consistente en grabaciones, pláticas, recomendaciones, fotos) fue posible decidir la especie a estudiar que se contempló definir al finalizar la Fase 1 de la metodología propuesta. La zona correspondiente a este estudio se visualiza en la Figura 4, en donde se observa el área del recorrido y participación.



Figura 4 Área de recorrido de las playas correspondientes a la agencia El Vergel

Fuente: Elaboración propia a partir del recorrido realizado en la agencia El Vergel, Google Maps

El recorrido se llevó a cabo en distintas playas a lo largo de esta zona lagunar: Puente 14, El Cerro, Chingorro, Machihui, Xhumijama y El Conchal. Dentro de este se observó que la principal actividad en esa zona es la pesca de camarón rojo utilizando la técnica tradicional denominada Copitos.

El proceso de pesca y la atarraya

De acuerdo con el Sr. Julián Mateos Pérez la atarraya es uno de los utensilios o herramientas para la pesca de camarón más utilizados en la zona. Para su caso la pesca la realiza en la playa denominada El Cerro. El Sr. Julián es un habitante de la Comunidad de El Vergel y realiza recorridos diarios de una hora hacia la zona de pesca. Los pescadores de esta comunidad por lo regular llevan a cabo sus prácticas tradicionales enfocándose en la obtención del camarón rojo. Utilizan aditamentos o herramientas adicionales para sus prácticas como el canasto de carrizo, un recipiente fabricado por ellos mismos y que lo clasifican de acuerdo a su tamaño en: pequeño, mediano y grande, con capacidades de almacenamiento de aproximadamente 16 kilogramos de producto para el caso del tamaño grande (ver Figura 5).



Figura 5 Canasto de carrizo para almacenaje de camarón por pescadores de la comunidad El Vergel

Fuente: Fotográfica tomada en el recorrido realizado en la agencia El Vergel

Por lo regular los pescadores de esta zona realizan la venta de su producto en la cooperativa local que es una extensión de la cooperativa llamada Jaltepec ubicada en la agencia de Santa Rita. Los pescadores de esta zona coinciden y ratifican la mayoría de las creencias que se tienen en San Francisco del Mar, pues además de basar sus prácticas de pesca a partir del Calendario Lunar consideran también otros factores como: temporada de lluvia, norte o aire fuerte, estado de ánimo, estado de salud, entre otros.

Además de los peligros típicos a los que se enfrentan los pescadores en las playas, se encuentran también los restos de estacas o trozos que quedan bajo el agua enterrados, pues éstos han provocado innumerables heridas a los pescadores de toda la zona. Esto se debe a que cuando los pescadores se meten a las lagunas lo hacen descalzos y sin protección alguna ocasionando la mayor parte de las veces heridas considerables que les impiden continuar con su actividad. En las Figura 6 y 7 se observa la técnica de lanzamiento y recogida de atarraya de un pescador de la comunidad de El Vergel del Maíz. Las atarrayas utilizadas por estos pescadores están basadas en la medida de 3/16 pulgadas.



Figura 6 Lanzamiento de la atarraya

Fuente: Fotográfica tomada en el recorrido realizado en la agencia El Vergel



Figura 7 Recogida de la atarraya

Fuente: Fotográfica tomada en el recorrido realizado en la agencia El Vergel

Para la obtención de pescado utilizan atarrayas especiales, es decir, usan una atarraya específica para el camarón y otra para el pescado, teniendo esta última las siguientes características (susceptibles a cambios entre comunidades, pescadores y fabricantes): diámetro de 4 varas (considerando un metro aproximado por vara), filamentos de 0.55mm y agujeros de entre 2 y 2.5cm y 4 kg de peso.

Referente a las lanchas utilizadas estas tienen un aproximado de entre 4 a 6 metros de longitud, la mayoría utiliza motor de combustión interna a gasolina. Dichas lanchas les permiten desplazarse a lo largo de las playas considerando siempre zonas no profundas para la colocación de los copos. Es también posible realizar sus prácticas de pesca, pero sobre la lancha, específicamente con atarraya y en zonas profundas.

El proceso de pesca y los copos

Los copos o copitos como lo denominan los pescadores de la zona ikoot son un tipo de pesca tradicional utilizado por ellos para la pesca específica de camarón (no exceptuando otras especies). El diseño de los copitos está basado en las redes de arrastre, pero existe una característica que diferencia a los copitos y las técnicas de arrastre la cual radica en postrar los copitos de forma estática en determinada zona para cumplir con su objetivo (la captura de camarón). El diseño y fabricación de los copitos en la mayoría de los casos es realizada por los mismos pescadores de la localidad. En la Figura 8 se observa el proceso de fabricación de un copito.

Conforme se avance en la investigación se determinan las características específicas de cada copo, los elementos que lo componen, el proceso de fabricación completo, medidas, materiales, entre otros. Asimismo, se hace un análisis comparativo entre distintos copos existentes en la zona para contrastar los resultados obtenidos en el proceso de fabricación. Lo anterior es independiente a la técnica de posicionamiento de esta herramienta y las distintas teorías experimentales de los pescadores que la utilizan.



Figura 8 Fabricación de un copito

Fuente: Fotográfica tomada en el recorrido realizado en la agencia El Vergel

Efecto de fototropismo en el camarón

El fototropismo es un efecto de respuesta de ciertos organismos al estímulo de luz, por lo regular se requiere a la atracción hacia la misma por instinto. Este efecto es utilizado por los pescadores de la zona ikoot, cuyo funcionamiento ha sido comprobado solo de manera experimental por los mismos. Existen precedentes del fototropismo para la estimulación en el crecimiento de plantas en general, sin embargo, para el caso de las técnicas de pesca en la zona ikoot y en especial para la obtención del camarón no existe un sustento base metodológico ni analítico que constate su funcionamiento, solo experimental.

El fenómeno de atracción del camarón mediante luz es aprovechado por los pescadores de la zona, obteniendo resultados satisfactorios hasta cierto punto; estos utilizan también técnicas tradicionales para la generación de la luz mediante una fuente de energía consistente en una antorcha fabricada de forma casera cuyos componentes corresponden a: latas, trapos, alambre recocido y diésel como combustible principal (ver Figura 9).

Esta herramienta es utilizada única y exclusivamente para la pesca de camarón y está directamente relacionada a la utilización de copos para tal fin. De acuerdo con información propia de los pescadores entrevistados, se determina que por cada copo se utiliza una antorcha. Las antorchas se colocan en la cola de los copitos y se mantiene su combustión con un litro de diésel desde la noche de un día hasta el amanecer del siguiente día (unas ocho horas aproximadamente). El pescador debe considerar el gasto en diésel que asciende a la cantidad de \$17.00 M.N. por litro aproximadamente en su comunidad. Lo anterior sumado al gasto de transporte por gasolina para su motocicleta (y la gasolina en caso de utilizar una lancha de motor), además de adicionarle el desgaste de las mismas a largo plazo; esto sin tomar en cuenta los incidentes que se pueden presentar: ponchaduras, caídas, raspones, laceraciones, etc.



Figura 9 Antorcha casera para la pesca de camarón

Fuente: Fotográfica tomada en el recorrido realizado en la agencia El Vergel

Pescadores de otras agencias hacen uso de otras fuentes de luz más asequibles y duraderas como las lámparas, específicamente de led de alta intensidad luminosa, que basan su funcionamiento en baterías desechables o recargables dependiendo de la economía del pescador. Estas tienen las ventajas de ser más duraderas, más económicas, más compactas, menos peligrosas en su manipulación y no se apagan como las antorchas.

El único inconveniente que presentan los pescadores al utilizar estas lámparas de leds es el robo de estas por otros pescadores o personas mal intencionadas, por lo que constantemente deben estar cuidándolas para evitar estas acciones.

Análisis y selección de herramientas para implementar el modelo computacional

Existen diversas formas de llevar a cabo la implementación de modelos computacionales que intentan reflejar aspectos culturales, pasando por el modelado tridimensional, entornos de simulación basados en motores de juegos, aplicaciones de software de escritorio para plantear escenarios, entre otras. Sin embargo, considerando la localización del grupo cultural objeto de estudio y el interés por recabar más datos a futuro, con el objetivo de continuar con el estudio del comportamiento de dicho grupo y sus prácticas de pesca del día a día, se decidió hacer uso de herramientas computacionales que permitieran ser altamente portables, económicas en implementación y que permitiera hacer uso de tecnologías actualizadas y con tendencias y eficiencias comprobadas. Por ello, se implementó el modelo propuesto que conjuga aspectos técnicos y culturales, a través de una aplicación móvil.

Las aplicaciones móviles ganan cada vez más terreno, permitiendo a cualquier compañía o profesional independiente llegar a clientes potenciales (pescadores) y fortalecer el contacto y nivel de comunicación, aparte de que un teléfono inteligente sirve como mecanismo de atracción hacia la adopción de la tecnología en comunidades alejadas.

Las aplicaciones móviles se han convertido en un auge en la actualidad, gracias al crecimiento en el uso de teléfonos inteligentes y tabletas. Tienen la versatilidad de darles diferentes tipos de usos, y en cierta medida independiente de la conectividad a internet. Pueden ser informativas, parte de un proceso operativo, de recolección de información, para juegos, para marketing, científicas, experimentales, entre otras.

Otra ventaja que se observó de implementar el modelo en una aplicación móvil, es que puede convertirse en un buen canal de comunicación entre los pescadores y futuros investigadores, incluso entre ellos intercambiando datos y experiencias con la misma.

Resultados

Los resultados son plasmados abordando primeramente la parte cultural de todo el estudio, resultado de las encuestas y entrevistas llevadas a cabo en distintos momentos a lo largo de esta investigación; sobra mencionar que la mayoría de estos datos tienen sustento en numerosas visitas a la comunidad en la cual se hicieron entrevistas, encuestas y pláticas que permitieron conocer la interpretación y apropiación del conocimiento que tiene el grupo cultural huave de San Francisco del Mar. La generación del conocimiento en esta etapa de la investigación representa un punto importante en la aportación a la ciencia en el ámbito cualitativo, pues se documenta la experiencia y conocimiento práctico de los mareños en esta zona, considerando su cosmovisión.

En una segunda parte de los resultados se refiere a la implementación del modelo propuesto a raíz de la investigación de campo, bajo rubros específicos representados en un tipo de software específico y lo más movable posible para su demostración, uso y ejecución; y comprobar su funcionalidad hasta el avance del mismo.

La cosmovisión huave sobre la lluvia

En una creencia que aún se reproduce entre la gente apegada a la costumbre, los antiguos huaves imaginaban la subsistencia del mundo a partir de las lluvias que ellos mismos generaban. El diálogo anual con las divinidades pluviales no era tanto un beneficio local como universal, y las responsabilidades de las autoridades comunitarias, encargadas de solicitar la lluvia, eran equivalentes a las dimensiones de esa empresa. De ahí que la comunidad les confiara hasta hoy el derecho y el deber de suscitar la lluvia mediante las peticiones que dirigen anualmente hacia Cerro Bernal, de tal manera que la abundancia de la pesca y la regularidad de las lluvias forman parte de las responsabilidades del cabildo municipal.

Signorini relata que, en 1976, se atribuyó al mal comportamiento de los alcaldes la ausencia de lluvias y la presencia del viento del norte fuera de temporada, lo cual dificultaba la pesca en las lagunas: "un día de lluvia, el 16 de agosto, salvó a los alcaldes de la humillación de ser destituidos de sus cargos" (Signorini, 1979: 101).

Los huaves de San Mateo del Mar estiman, en efecto, que la regularidad de las lluvias depende de las ofrendas que las autoridades locales dirigen anualmente hacia Cerro Bernal, donde los huaves identifican la morada de las entidades encargadas de propiciar la lluvia. Este tlalocan regional, que se ubica sobre las costas de Chiapas, a unos 80 kilómetros del litoral huave, constituyó un asentamiento estratégico para controlar las rutas comerciales de la sal entre el altiplano central y el Soconusco, una de las cuales se tendía entre Teotihuacan y la zona maya de Kaminaljuyú (Navarrete, 1976).

En el contexto de las representaciones locales, las peticiones que se dirigen hacia Cerro Bernal están directamente relacionadas con la noción de monteoc que los huaves emplean para referirse a los rayos y los relámpagos (Millán, 2007). En el lenguaje cotidiano, los huaves designan a los rayos bajo el término *teat monteoc* ("padre rayo") y los conciben como la contraparte masculina de *müm ncherrec*, la "madre viento del sur". En efecto, los monteoc huaves no sólo gobiernan la lluvia y los rayos, se trasladan a la velocidad del relámpago y son capaces de convertir el agua marítima en agua pluvial, sino también forman una pareja indisoluble con las entidades femeninas llamadas *ncherrec* ("viento del sur") que aparecen virtualmente como sus esposas.

Sur y norte no sólo son términos que guían a los huaves en el espacio, sino también en la taxonomía del cosmos. El sur es un viento femenino: viene del mar; el norte es masculino, procede del continente. Dentro de este sistema clasificatorio, la oposición entre derecha e izquierda encuentra su correspondencia en la oposición entre el hombre y la mujer, de tal manera que el norte será asociado al binomio derecha-hombre y el sur al de izquierda-mujer (Millán, 2007).

Coincidiendo a raíz de un contraste entre la tesis de Millán (2007) y las entrevistas en campo, el viento del norte, cuya aparición coincide con el fin del ciclo pluvial y con la mayordomía de San Mateo Apóstol, el 19 de septiembre, corre del continente hacia el océano y se opone al viento del sur, que sopla en sentido inverso durante los primeros meses del año y se identifica con la Virgen de la Candelaria. De esta forma, la lluvia y la sequía marcan la trayectoria del ciclo ceremonial y constituyen por lo tanto prolongaciones de las fiestas patronales. La mayordomía de Corpus Christi es en cambio el escenario para una danza ceremonial en la que el rayo (*monteoc*) decapita a *ndiüc*, la serpiente, y da paso a la temporada pluvial. De ahí que, según una creencia generalizada, la primera lluvia de temporal se precipite sobre el litoral durante el transcurso de esa mayordomía, cuya celebración cierra el ciclo de peticiones que las autoridades municipales efectúa a lo largo del periodo estival.

La danza de *omalndiüc*, conocida también como danza de la serpiente, se inscribe en un contexto mítico que narra la historia de un pastor que tiene por ombas al rayo y participa por lo tanto de los atributos del *neombasöic*. Dado que este tipo de personajes pueden predecir con gran exactitud la lluvia, el pastor está a su vez capacitado para anticipar el momento en que la serpiente abandona su lejana morada en las montañas y desciende hacia el océano, formando un inmenso surco de agua con el cuerno dorado que la caracteriza. Armado con un machete, el pequeño pastor emprende una persecución de la serpiente a través de los arbustos que la protegen y logra decapitar al reptil antes de que éste alcance la orilla del mar e inunde al poblado. La danza de los huaves reproduce con cierta fidelidad los elementos esenciales del mito, y tanto los personajes como la coreografía se adaptan a su trama narrativa (Millán, 2003).

Los huaves argumentan que, en teoría, la primera lluvia del año se precipita al culminar la ejecución de la serpiente y que el ciclo del temporal habrá de prolongarse hasta la mayordomía de San Mateo Apóstol, el santo patronal, cuando las lluvias de temporal cesan para dar cabida al viento septentrional, hacia finales del año.

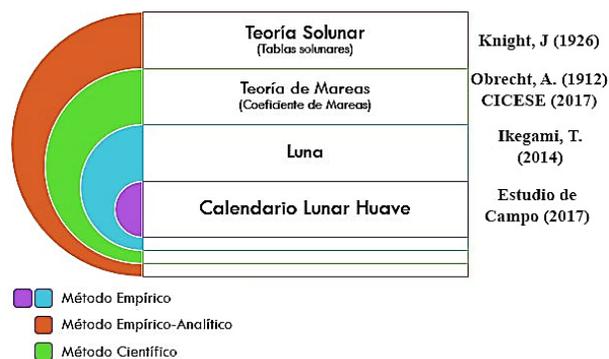
El tema de la lluvia, en efecto, está en el centro de un triángulo que forman el rayo, el viento del sur y la serpiente, los tres tipos de naguales a los que los huaves atribuyen el carácter de entidades anímicas sagradas.

La unión del río, el mar y las lagunas es una fuerte amenaza que implica, a nivel geográfico, la desaparición del poblado; en el plano mitológico, sin embargo, representa la conjunción de tres espacios que deben permanecer separados. De ahí que esta amenaza se suprime mediante la danza de omal ndiuc o "cabeza de serpiente" que se ejecuta durante la mayordomía de Corpus Christi, cuando el rayo decapita a la serpiente y da paso a la lluvia benéfica del temporal. La lucha anual que el rayo emprende contra la serpiente no es sólo un acto simbólico que intenta evitar la inundación, sino también un ejercicio conceptual que busca impedir la confusión de categorías geográficas cuya separación es indispensable para la vida comunitaria.

La lluvia, a la lluvia, los huaves la conciben como el producto de una unión entre el rayo y el viento del sur y es, en este sentido, el resultado de un acoplamiento entre dos categorías específicas. La idea subyacente podría formularse así: la unión entre dos elementos claramente definidos da como resultado productos benéficos, mientras la ambivalencia de las definiciones acarrea resultados desastrosos.

Modelo Híbrido de Pronóstico de Pesca SFM

Como resultado del análisis de los aspectos culturales y cualitativos a lo largo de esta investigación se propone el siguiente modelo (Figura 10) que conjuga diversas teorías relacionadas a la pesca en general y en específico como aporte principal la incursión del calendario lunar huave y aspectos culturales de mayor relevancia obtenidos de igual manera con las mismas herramientas de recolección de datos.



Gráfica 10 Modelo computacional propuesto

Fuente: Elaboración propia

La teoría solunar

La teoría solunar fue propuesta inicialmente por el estadounidense John Alden Knight en 1926 y ha sido avalada por análisis sistemáticos de científicos y biólogos en años posteriores. Está basada en estudios experimentales de los que se deduce que la acción del sol y de la luna influye en la actividad de todos los seres vivos de la naturaleza.

Los momentos del día en los cuales los seres vivos demuestran una mayor actividad son los llamados periodos solunares. Para poder demostrar la Teoría Solunar, siendo una teoría en que los peces están involucrados, John Alden Knight hizo una recopilación de datos en forma sistemática para poder contar con detalles completos de la captura de piezas récord. Estas tomas de datos se hicieron tanto para peces grandes individualmente como a lo relacionado a capturas en las que se capturaban numerosos peces.

Examinó más de 200 especies capturadas de forma muy sistemática y exacta. Mas del 90% de estas capturas fueron hechas durante la fase oscura de la luna (luna nueva) cuando los efectos de los periodos Solunares parecían ser mayores y también, y más importante, fueron hechas durante los periodos horarios Solunares. Inicialmente su teoría se basó en el comportamiento de los peces únicamente. Durante 1935 a 1939 Knight hizo extensivo estos estudios a las aves de caza y otros animales. Como se había sospechado, estas especies también respondieron al estímulo de los periodos Solunares.

En los periodos mayores se tienen aproximadamente 2 horas de duración, aunque en ciertas ocasiones pueden ser superiores a las 3 horas. Comienzan en el momento del tránsito lunar (cuando la luna está por encima) y del tránsito lunar opuesto (cuando la luna está por debajo). Normalmente son los momentos de mayor actividad de los peces durante cada día. Los más adeptos a esta teoría afirman que no existe ni una sola especie de pez deportivo que no se encuentre comiendo durante un Periodo Solunar Mayor.

En los periodos menores, que son periodos intermedios de menor duración (aproximadamente 1 hora) que coinciden con la salida y la puesta de la luna, también se nota un incremento en la actividad de los peces en relación con el resto del día. Los periodos solunares se presentan 4 veces cada día lunar.

Un día lunar dura 24 horas y 50 minutos aproximadamente, así que normalmente durante el mismo día (24h) existen 2 periodos mayores y 2 periodos menores. Además, se apreció un notable incremento de la actividad de los peces si se produce una salida o puesta de sol durante el periodo solunar.

El resultado a nivel mundial de los adeptos a esta teoría, muchas veces en el ámbito deportivo, y debido a que está basada en la luna, y siendo que la luna traza una ruta ya definida, se han establecido de manera predeterminada lo que se denomina Tablas Solunares, que no son más que datos tabulados y calculados para suponer predicciones de buenas condiciones de pesca.

La teoría mareas

Si bien el origen de las fuerzas de marea es muy claro cuando se basa en la luna, la respuesta de los océanos a esas fuerzas es extremadamente compleja. La consecuencia de ello es que no existe un modelo teórico que proporcione ecuaciones que permitan predecir la hora y la altura de la marea de manera general. Por ello las predicciones se hacen para puertos concretos y se basan en ajustes numéricos de series de datos obtenidos mediante los mareógrafos colocados en los puertos de interés.

En México la predicción de las mareas las realizan dos institutos principalmente, no significa que sean los únicos: el CICESE y la UNAM. El CICESE ofrece al público en general los resultados de estas predicciones de mareas, a través de calendarios mensuales en distintos formatos, capaces de ser procesados por cualquier herramienta de cómputo apropiada.

Derivado del análisis en campo, cada pescador tiene su propia teoría al respecto, aunque la mayoría aceptan la influencia de la luna como un factor a tener en cuenta. En diversas entrevistas realizadas a pescadores de San Francisco del Mar, la mayoría aceptan la influencia de la luna como un factor a tener en cuenta, sin embargo, los resultados también contrastan sobre todo con las respuestas de los pescadores más jóvenes quienes consideran que la luna no le ha dado muchos resultados a la hora de la pesca, pues pescan a cualquier hora y consideran más la zona de pesca que las fases lunares (calendario lunar) y la hora del día.

Tomando en consideración la teoría de mareas de Obrecht (1912), en cuanto a la pleamar y bajamar, se establece que el cambio de mareas demuestra que existe una intensa actividad en los peces, siendo más pronunciado el cambio de marea en la bajamar y mejorando si es de noche; los pescadores de San Francisco del Mar y zonas aledañas de otras comunidades huaves, se limitan a colocar sus redes antes del anochecer y recogerlas por la madrugada y al amanecer. Debido a la naturaleza de ser una teoría totalmente experimental, cada pescador conoce y la aplica indirectamente en función de su propia experiencia, y normalmente no suelen coincidir unos con otros (aunque hay factores constantes).

Implementación del modelo

El desarrollo de la aplicación móvil que implica la implementación del modelo computacional de predicción propuesto, fue al principio considerado llevarse a cabo a través de tecnologías nativas de desarrollo para una sola plataforma, sin embargo conforme fue avanzando esta investigación se optó al final por llevar a cabo el desarrollo a través de tecnologías de punta e híbridas, permitiendo una mayor portabilidad, aceleración en la curva de productividad, y expandiendo el uso de teléfonos móviles en diversas plataformas destino:

Android, iOS, WebOS, entre otras; incluso a través de un portal (solo para efectos de consulta, pues no se tienen los sensores necesarios en campo que se requieren para la recolección de datos).

En la Figura 11 se observa una impresión de pantalla de los derechos de la misma, siendo el aspecto típico en cuanto a distribución de los módulos de la app y la combinación de colores. Es indispensable hacer mención en este punto, en la posibilidad del registro sobre los derechos de autor.

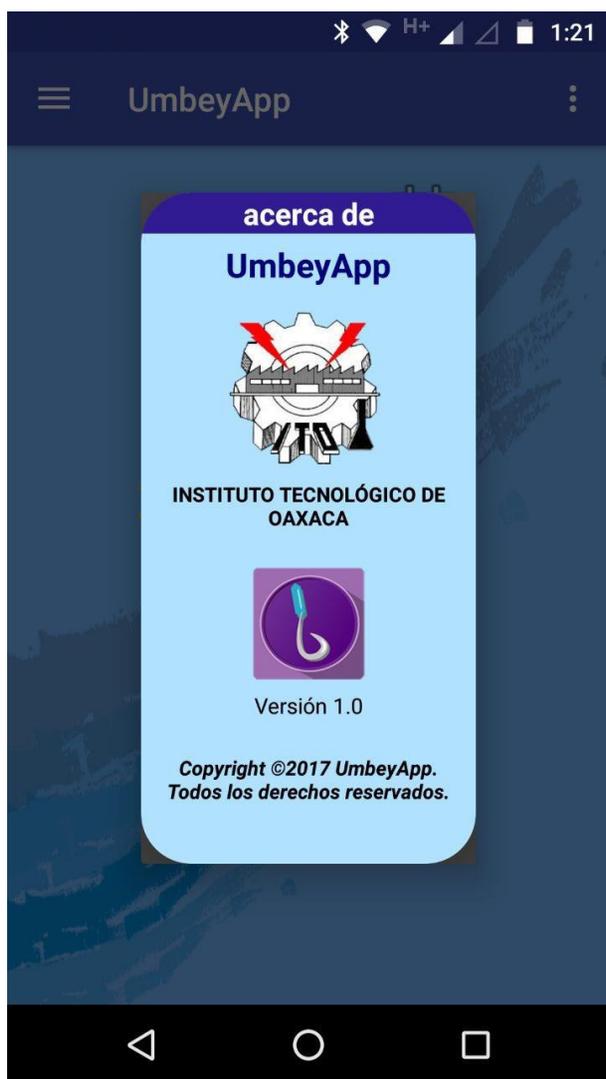


Figura 11 Aspecto típico de la aplicación móvil del modelo

Fuente: Elaboración propia

El modelo propuesto se considera híbrido, pues combina aspectos empíricos y datos científicos obtenidos de teorías experimentales y métodos estadísticos y numéricos comprobados.

A su vez, como aportación principal de conocimiento, se implementan los aspectos culturales como el calendario lunar huave (y otras variables) y el modelo general de la luna basado en porcentajes de acuerdo a su posición con respecto a la tierra. Estos cuatro elementos se observan en la Figura 12.



Figura 12 Representación del modelo híbrido en la aplicación

Fuente: Elaboración propia

Parte del modelo empírico considerado, corresponde a la teoría solunar a través de la alimentación de información mediante un calendario solunar preestablecido. En la Figura 13 se observa un contraste de predicción con respecto a una plataforma en línea típica que involucra el mismo modelo. Se puede observar diversas coincidencias de predicción entre la app y el sistema de información para tal fin.

Ello no implica que dichas predicciones sean altamente efectivas en campo para el pescador, pues al final de cuentas solo se trata de predicciones; será el pescador el encargado de verificar la veracidad de los datos para su uso como beneficio. Se demuestra que es posible a través de una app llevar al campo para su estudio y uso, toda una teoría que por lo regular se limita a sistemas de información para escritorio.



Según la teoría solunar, hoy es un mal día para pescar en Salina Cruz, la actividad prevista de los peces tus cañas y carretes y rayas a disfrutar de tu día de pesca en Salina Cruz. Ya sabes que la teoría solunar programar nuestras pescas. Eso sí, te recomendamos que te centre principalmente en la pesca durante



Figura 13 Contraste y Módulo de predicción de pesca a través de los calendarios solunares

Fuente: Elaboración propia a partir del sistema de información
<https://tablademareas.com/mx/oaxaca/salina-cruz>

Con respecto a la parte comprobada y basada en datos científicos, se implementa de igual forma a través de un módulo único en la app, la teoría de mareas; en la Figura 14 se observa el resultado del módulo y de los datos procesados y obtenidos por medio de los calendarios del CICESE. Dicho módulo puede ser contrastado con el sistema de información que se muestra en la Figura 15, el cual presenta este mismo enfoque de la teoría de mareas.

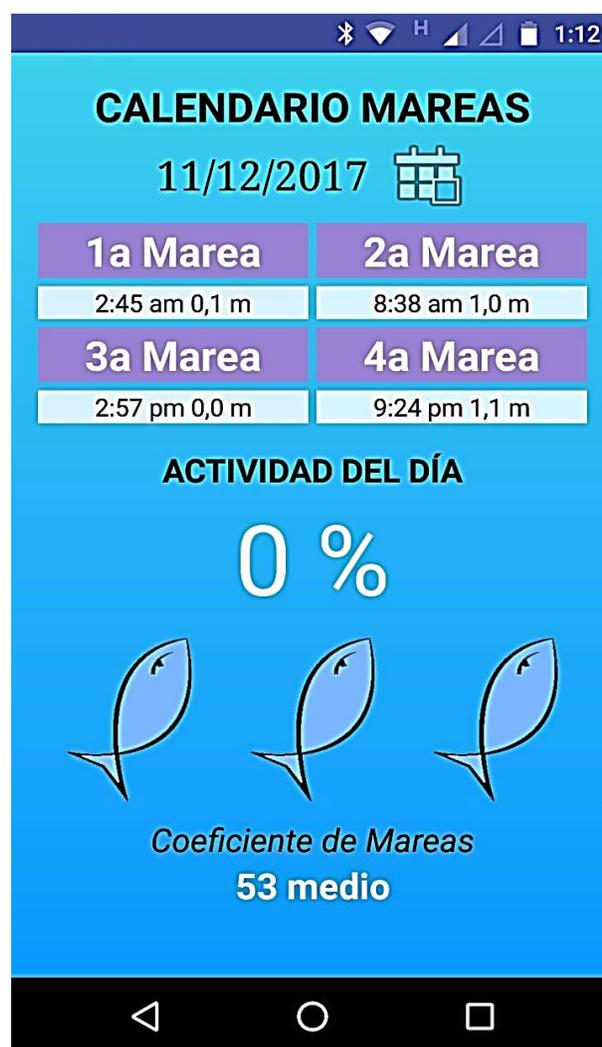


Figura 14 Modelo de predicción de pesca a través de mareas

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar en este punto de que se requiere conectividad inicial a internet para la descarga de información mensual, sobre todo para nuevos datos publicados en los meses siguientes.

De igual manera para comprobar su aceptación a nivel predictivo, se realizó un contraste con respecto a las tablas de mareas y predicciones de un sistema de información en línea: tablademareas.com.

DÍA	MAREAS DE SALINA CRUZ					ACTIVIDAD MEDIA
	1ª MAREA	2ª MAREA	3ª MAREA	4ª MAREA	COEFICIENTE	
1 V	6:34 am ▲ 0,1 m	12:17 pm ▲ 0,8 m	6:12 pm ▼ 0,1 m		92 muy alto	→ → →
2 S	12:47 am ▲ 1,2 m	7:30 am ▼ 0,1 m	1:11 pm ▲ 0,8 m	7:05 pm ▼ 0,0 m	101 muy alto	→ → →
3 D	1:38 am ▲ 1,3 m	8:21 am ▼ 0,0 m	2:04 pm ▲ 0,9 m	7:58 pm ▼ -0,1 m	105 muy alto	→ → →
4 L	2:29 am ▲ 1,4 m	9:10 am ▼ -0,1 m	2:57 pm ▲ 0,9 m	8:53 pm ▼ -0,1 m	104 muy alto	→ → →
5 M	3:23 am ▲ 1,4 m	9:59 am ▼ -0,1 m	3:50 pm ▲ 1,0 m	9:48 pm ▼ -0,1 m	98 muy alto	→ → →
6 X	4:17 am ▲ 1,4 m	10:48 am ▼ -0,1 m	4:45 pm ▲ 1,1 m	10:44 pm ▼ -0,1 m	89 alto	→ → →
7 J	5:10 am ▲ 1,4 m	11:36 am ▼ -0,1 m	5:40 pm ▲ 1,1 m	11:40 pm ▼ -0,1 m	77 alto	→ → →
8 V	6:01 am ▲ 1,3 m	12:26 pm ▼ -0,1 m	6:35 pm ▲ 1,1 m		66 medio	→ → →
9 S	12:39 am ▼ 0,0 m	6:52 am ▲ 1,2 m	1:15 pm ▼ -0,1 m	7:31 pm ▲ 1,2 m	57 medio	→ → →
10 D	1:41 am ▼ 0,0 m	7:43 am ▲ 1,1 m	2:05 pm ▼ -0,1 m	8:27 pm ▲ 1,1 m	52 medio	→ → →
11 L	2:45 am ▼ 0,1 m	8:38 am ▲ 1,0 m	2:57 pm ▼ 0,0 m	9:24 pm ▲ 1,1 m	53 medio	→ → →
12 M	3:51 am ▼ 0,1 m	9:39 am ▲ 0,8 m	3:51 pm ▼ 0,0 m	10:22 pm ▲ 1,1 m	57 medio	→ → →
13 X	4:55 am ▼ 0,1 m	10:45 am ▲ 0,8 m	4:47 pm ▼ 0,0 m	11:19 pm ▲ 1,1 m	62 medio	→ → →
14 J	5:57 am ▼ 0,1 m	11:49 am ▲ 0,7 m	5:42 pm ▼ 0,1 m		67 medio	→ → →
15 V	12:12 am ▲ 1,0 m	6:56 am ▼ 0,1 m	12:49 pm ▲ 0,7 m	6:35 pm ▼ 0,1 m	72 alto	→ → →
16 S	1:03 am ▲ 1,0 m	7:52 am ▼ 0,0 m	1:43 pm ▲ 0,7 m	7:27 pm ▼ 0,1 m	75 alto	→ → →
17 D	1:53 am ▲ 1,0 m	8:41 am ▼ 0,0 m	2:33 pm ▲ 0,7 m	8:15 pm ▼ 0,1 m	78 alto	→ → →
18 L	2:40 am ▲ 1,1 m	9:26 am ▼ 0,0 m	3:20 pm ▲ 0,7 m	8:59 pm ▼ 0,1 m	78 alto	→ → →
19 M	3:24 am ▲ 1,1 m	10:05 am ▼ 0,0 m	4:03 pm ▲ 0,7 m	9:40 pm ▼ 0,1 m	78 alto	→ → →
20 X	4:05 am ▲ 1,1 m	10:40 am ▼ 0,0 m	4:44 pm ▲ 0,8 m	10:21 pm ▼ 0,1 m	75 alto	→ → →

Figura 15 Tabla de mareas

Fuente: https://tablademareas.com/mx/oaxaca/salina-cruz#_tabla_mareas

Otro módulo más, propuesto en el Modelo Híbrido es el referente al Modelo General de la Luna, una implementación totalmente empírica basada en el posicionamiento de la luna sobre la tierra de forma bidimensional, por ende, la comprobación de la funcionalidad del mismo resulta ser una tarea bastante difícil. Al ser este este modelo la base del calendario huave, para su desarrollo se consideraron aspectos culturales relevantes específicamente seleccionados y alimentados con la información de campo por medio de las encuestas y entrevistas llevadas a cabo, como se muestra en la Figura 16 y 17.

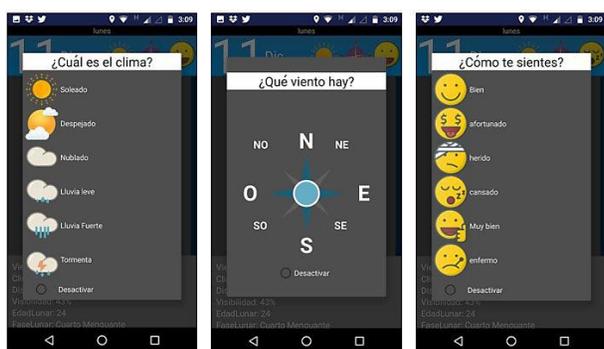


Figura 16 Modelo General de la Luna y Aspectos Culturales

Fuente: Elaboración propia



Figura 17 Módulo correspondiente al Modelo General de la Luna

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior da pie a proponer el denominado Calendario Huave como la conjunción de tres aspectos relevantes implícitos en el Modelo Híbrido, los cuales se muestran en la Figura 18 y 19.

La selección de las variables cualitativas intervinientes son las que tienen mayor influencia sobre el resultado final y corresponden al Viento y al Estado de Ánimo. De acuerdo a las creencias de los huaves de San Francisco del Mar, el clima es el mayor factor influyente en su actividad diaria, paralelo al calendario general de la luna. En el Anexo 1, se muestra una bitácora de variables detectadas a lo largo de la investigación, siendo la mayoría totalmente cualitativas. La asignación de valores generales e individuales de porcentajes para estas dos variables fue realizada basándose en los datos obtenidos de las encuestas y valorizadas a través de una escala de Likert adaptada.

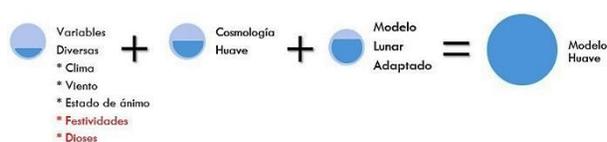


Figura 18 Modelo propuesto para la concepción del Calendario Huave

Fuente: *Elaboración propia*

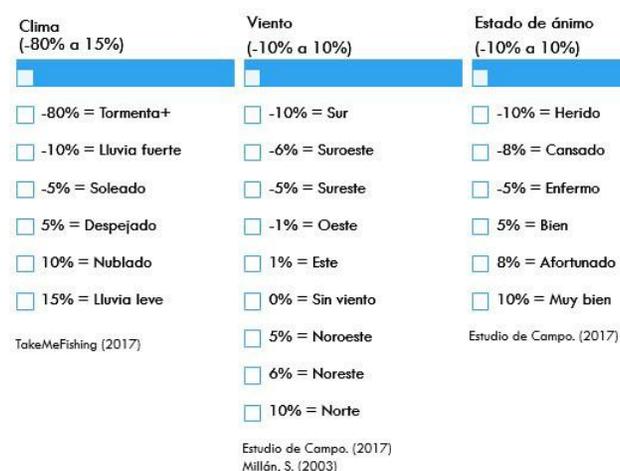


Figura 19 Porcentaje de incidencias de las variables en el Calendario Huave

Fuente: *Elaboración propia*

Otras implementaciones

La aplicación de software desarrollada como resultado de la implementación del modelo incluye otros módulos que permiten al pescador utilizar herramientas adicionales que podrán servirle para eficientizar su práctica de pesca, tales como: calculadora, bloc de notas, galería de especies con datos relevantes sobre las mismas y geolocalización.

Los módulos adicionales implementados tienen como objetivo la recolección de datos conforme se vaya alimentando de información la aplicación, esto a través del uso dado por el pescador. Toda la información que el pescador proporcione servirá para la comprobación de la efectividad/rechazo del modelo propuesto; todo movimiento dentro de la aplicación es registrado en un espacio especial que es posible obtenerlo a través del acceso al teléfono móvil de manera física, esto se puede realizar en cada de visita de campo que se realice en la comunidad o agencia perteneciente a San Francisco del Mar. Como aporte adicional, el trazado de las rutas del pescador es guardado a detalle, esto con el objetivo de analizar los lugares de pesca típicos o más preponderantes en el grupo cultural huave.

Anexos

Anexo 1. Tabla de variables detectadas.

Variable	Significado
Apropiación Clima	Mejor clima para pescar.
Apropiación Clima Meses malos	Meses en lo que el clima no es bueno para pescar.
Apropiación después de captura	Después de que realiza la captura que hace con los pescados.
Apropiación frecuencia pesca	Que días va a la semana a pescar. Frecuencia con que pesca.
Apropiación Grupal	Organización para la apropiación del pescado
Apropiación hora que va a pescar	En que horario va pescar.
Apropiación hora pesca motivo	Porque pesca en ese horario.
Apropiación instrumentos	¿Qué instrumentos/herramientas utiliza para captura de pescado?
Apropiación lugar pesca	¿Dónde pesca?
Apropiación manejo del recurso	Hace alguna actividad para que no se acabe el pescado.
Apropiación pescador	¿Quién pesca?
Apropiación especies	¿Qué tipo de pescado saca del lago?
Apropiación tipo de red por tipo de pez	Tipo de red (tamaño y nombre)
Apropiación volumen pesca semana	Volumen de pesca a la semana
Apropiación volumen pesca por vez	Volumen de pesca por cada vez que va a pescar.
Circulación Acopiador Motivo	Motivo por que entregan o no el pescado al acopiador.
Circulación baja temporada	¿Cuál es la temporada baja de pesca?
Circulación mejor temporada	¿Cuál es la mejor temporada de pesca?
Circulación Temporada veda	Hay una temporada de veda
Circulación Tianguis	Cuanto pescado lleva al tianguis del santuario y a como venden el kilo
Circulación tianguis forma	Como lleva el pescado al tianguis (si lleva fresco, lo limpia o lo cocina)
Consumo Autoconsumo semana	Cuanto pescado se queda para comer.
Consumo cantidad	Del total de lo que pesca a la semana cuanto se queda para comer.
Consumo frecuencia semana	Con que frecuencia come pescado
Excreción Unidad de Producción.	Excreción de la unidad de producción domestica
Información de la familia	Información de la Familia (Unidad domestica)

Organización para la apropiación en la comunidad	Sabe si aquí en la comunidad hay un grupo de pescadores o los pescadores están organizados en cooperativa, organización o algo que los reúna.
Propiedad lago	Que propiedad es el lago
Transformación de la unidad domestica de producción	Lo cocina para usted y su familia
Platillos	Que platillos cocina.

Conclusiones

En un primer acercamiento al tema de la pesca, fue aplicado un estudio de campo que permitió identificar a las personas que fungen como contactos principales dentro de la zona de estudio, así como obtener un panorama general de las actividades que realizan los pescadores, conocer sus creencias e identificar los conceptos asociados a esta actividad. En un principio se consideraron para su análisis a dos comunidades: San Francisco del Mar y San Mateo del Mar, pero se tuvo que descartar la segunda debido a la presencia de conflictos actuales de distinta índole entre ambas comunidades. Por lo anterior la comunidad de San Francisco del Mar fue la elegida tomando en cuenta la disposición y fácil acceso a la misma y los contactos que se tiene en ésta.

En el primer avance, el estudio de campo fue aplicado a una sola cooperativa existente en San Francisco del Mar, que la constituyen oficialmente 63 integrantes, todos pescadores activos con rangos de edades y experiencia variables, considerados así mediante observación directa; se encontró que la comunidad de pescadores en esta región la conforman asociaciones —una sola cooperativa llamada Santa Rosa— y los pescadores independientes —en San Francisco del Mar en la agencia Pueblo Nuevo—. Se hizo impráctico aplicar en ese momento las encuestas a pescadores independientes pues no se tenían datos estadísticos por parte del INEGI de la comunidad para detectar la cantidad y su localización. Por tal motivo las encuestas se aplicaron únicamente a los integrantes de la cooperativa en mención, considerando el cálculo de la muestra necesaria a partir de su población total que fue de 50.

Conforme se avanzó en la investigación, se fueron aplicando encuestas a lo largo de las agencias que pertenecen al municipio de San Francisco del Mar: Pueblo Nuevo, El Vergel, Santa Rita y Pueblo Viejo; lo anterior basados en el mismo número de muestra y considerando al menos una sola cooperativa en dichas agencias.

Por otro lado, el análisis de la información recabada mediante la encuesta permitió observar una tendencia hacia ciertas prácticas tradicionales pesqueras, a especies en particular y horarios específicos. El comportamiento de los datos reflejó que existen casi nulas creencias relacionadas hacia divinidades referentes a la pesca y/o al mar, solo se limitaron a mencionar la existencia de un dios que coincide con las creencias religiosas propias de la región, que son predominantemente católicas.

En cuanto a los conocimientos tradicionales en cada una de las técnicas utilizadas, existen procedimientos específicos desarrollados por los pescadores de manera natural y basados en la experiencia; asimismo el uso determinante de un calendario lunar que ellos establecen de acuerdo a su experiencia. Las técnicas existentes son diversas, aunque coinciden en la obtención de distintos tipos de especie al mismo tiempo, por lo que se puede suponer que una sola técnica de pesca tradicional es utilizada la mayoría de las veces para capturar no solo una, sino más de tres tipos de especies.

Referente a las actividades de acción participativa que se realizaron, estas se llevaron a cabo en las agencias que compone el municipio de San Francisco del Mar, en especial El Vergel del Maíz; donde se acudió para contemplar las actividades tradicionales que realizan los pescadores, considerando para esto dos técnicas tradicionales de pesca: atarraya y copitos. En este punto en específico fue posible establecer con más claridad, gracias a las pláticas y encuestas realizadas, las técnicas de pesca de estudio y las especies, delimitando la investigación a las herramientas resultantes y el universo de especies de mar y laguna como parte del estudio.

El Modelo Híbrido de Pronóstico de Pesca representa un avance en el ámbito del desarrollo tecnológico con aras a lograr un desarrollo local de la región si éste llega a implementarse tomando minuciosamente las recomendaciones necesarias para esto. El MHPP conjuga cuatro teorías basadas en tres métodos: método científico (teoría de mareas), método empírico-analítico (teoría solunar) y método empírico (modelo general de la luna + cosmovisión huave: calendario lunar huave).

Agradecimiento

Un especial agradecimiento al CONACyT por el financiamiento otorgado y las facilidades brindadas las cuales hicieron posible llevar a cabo esta investigación.

Un completo agradecimiento al Tecnológico Nacional de México por la formación profesional.

Referencias

Alarcon C.P., 2009. Etnoecología de los Indígenas P'urhépecha, una guía para el análisis de la apropiación de la naturaleza. CIEco.

Álvarez M., García R. (2011). Simulación de los Procesos de Producción en los Ingenios Azucareros. FICA – EISIC. Tesis. Ecuador.

AMITI, Infotec (2013). Estudio de perspectivas y estrategias de desarrollo y difusión de aplicaciones móviles en México.

BDMTM, (2009). Huaves, Huazantecos, Juaves, Mareños o Wabis, Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana". Consultado el 16 de marzo del 2015. Obtenido de: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/pueblos.php?l=2&t=huave>

Beas, T. C. (2012). Los Ikoos y la invasión transnacional. Istmo-Mx. Consultado el 15 de marzo del 2015. Obtenido de: <http://www.istmo-mx.com/2012/06/los-ikoots-y-la-invasion-transnacional.html>

Caravias, P. A., (2012). La Agroecología como herramienta de recuperación de Agrosistemas Tradicionales. Universidad Internacional de Andalucía.

Castells, M. (2001). Internet y la Sociedad Red. Consultado el 8 de Abril del 2015, obtenido de <http://tecnologiaedu.us.es/revistaslibros/castells.htm>.

CDI, (2009). Huaves - Mero Ikooc. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Consultado el 14 de marzo del 2015. Obtenido de: http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=595:huaves-mero-ikooc&catid=54:monografias-de-los-pueblos-indigenas&Itemid=62

Hernández, S. R., Fernández C. C., Batista L. M. (2010). Metodología de la Investigación, 5ª Edición. México.

INEGI (2010). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Consulta generada el 20 de Mayo del 2015. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/descargadenuue/DescargaDENUUE/4885449408930636912/INEGI_DENUUE_26052015.zip

Martínez, A. (2010). Tierra de huaves. Consultado el: 27 de mayo del 2016. Recuperado de: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/tierra-de-huaves.html>.

Millán, S. (2003). Pueblos indígenas de México y Agua: Los Huaves, representantes de una cultura lagunar. CDI : PNUD, 2003.

Molina, G. (2015). Cyberbulling. Unidad Educativa Santo Domingo de los Colorados. Consultado el: 27 de mayo del 2016. Recuperado de: <https://issuu.com/ginamolina1/docs/>

Obrecht, A (1912). Teoría de las mareas. Conferencia dada el 4 de octubre del 1912.

The Wind Power (2016). List of the 44 wind farms present in the database. Consultado el 27 de mayo del 2016. Recuperado de: http://www.thewindpower.net/country_windfarms_en_36_mexico.php

Toledo, V. M., 2001. Biodiversity and indigenous peoples. En: S. Levin et al. (eds), Encyclopedia of Biodiversity. Academic Press: 1181-1197

Poisson para tasa de defectos en construcción de software**Poisson for defect rate in software construction**

LÓPEZ-PADILLA, Gilberto†*, SORIA-GARCÍA, Myriam y SANTOS-POMPA, Diego Marcelo

*Universidad Tecnológica de León, México.*ID 1^{er} Autor: *Gilberto, López-Padilla* / ORC ID: 0000-0002-9431-1656, Researcher ID Thomson: S-4615-2018ID 1^{er} Coautor: *Myriam, Soria-García* / ORC ID: 0000-0001-5718-9949, Researcher ID Thomson: V-9022-2019ID 2^{do} Coautor: *Diego Marcelo, Santos-Pompa* / ORC ID: 0000-0002-2174-2877

DOI: 10.35429/JCS.2020.11.4.23.26

Recibido: 15 de Enero, 2020; Aceptado 30 de Junio, 2020

Resumen

Este trabajo documenta el proceso del modelado estadístico de una tasa de defectos probables, utilizando la distribución Poisson, en la construcción de software. Esta tasa es muy importante ya que se usa para la estimación de los defectos en productos de la fábrica de software de la Universidad Tecnológica de León, UTL. La fábrica de software de la UTL ha implementado el modelo CMMI para el desarrollo en su nivel 4 y los resultados preliminares obtenidos fueron parte del trabajo alcanzar el nivel; y pueden ser de gran ayuda para organismos y empresas interesados en la implementación de dicho modelo.

Software, Defectos, Estimación, CMMI**Abstract**

This paper documents the process of statistical modeling of a probable defect rate, using the Poisson distribution, in software construction. This rate is very important since it is used to estimate defects in products of the Technological University of León's, UTL, software factory. The UTL's software factory has implemented the CMMI model for development at level 4 and the preliminary results obtained were part of the work reaching the level; and they can be of great help for organizations and companies interested in the implementation of this model.

Software, Defects, Estimation, CMMI

Citación: LÓPEZ-PADILLA, Gilberto, SORIA-GARCÍA, Myriam y SANTOS-POMPA, Diego Marcelo. Poisson para tasa de defectos en construcción de software. Revista de Simulación Computacional. 2020. 4-11:23-26.

* Correspondencia al autor (Correo electrónico: gpadilla@utleon.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La UTL debe producir estimaciones de defectos que estén apegadas a modelos de calidad, para validar sus buenas prácticas cuando se buscó el nivel 4 de CMMI.

En los procesos de la UTL se considera que un producto está “libre” de defectos, si los defectos que pueden presentarse en un producto entregado no son más del promedio de defectos observados históricamente más 3 desviaciones estándar, esto es, seis sigmas; lo que significa un límite empírico de 99.97% de los defectos probables por debajo del cual un producto no cumpliría con la especificación de calidad.

Los productos de software de la UTL se ponderan en puntos de función sin ajustar, PFSA, que tienen una equivalencia en horas, y se ha demostrado en trabajos anteriores que el esfuerzo de construcción se puede modelar usando una distribución estadística para una tasa que relaciona el esfuerzo con los PFSA.

Para el caso de los defectos, si tenemos n defectos observados históricamente para un producto ponderado en u PFSA, se propone la siguiente tasa, δ , como una densidad de defectos por PFSA:

$$\delta = n/u \quad (1)$$

Metodología

Usando datos históricos, se usarán herramientas estadísticas para observar la distribución que siguen, esperando, como dictan muchos autores de textos de estadística; entre ellos, Luis Rincón, que sea la distribución de Poisson.

Si esta tasa puede describirse como una distribución Poisson, entonces se puede usar δ como la λ de Poisson. La fórmula (1) podría reescribirse de la siguiente forma:

$$\lambda = n/u \quad (2)$$

Teniendo λ , se conocerían la media y la varianza de la distribución Poisson y por consiguiente la desviación estándar, pues la media y la varianza para esta distribución son iguales: $\mu = \lambda$ y $\sigma^2 = \lambda$ (Humberto Gutiérrez, 2013).

El área OPP del nivel 4 de CMMI para el desarrollo, tiene el propósito de establecer y mantener una comprensión cuantitativa del desempeño de procesos seleccionado [y la practica especifica 1.5 es] seleccionar y mantener modelos de desempeños de procesos (CMMI Product Team, 2010), para esto, la UTL utiliza simuladores que usan el método Montecarlo que requieren una media y una desviación estándar de una distribución que modele la medida algún proceso, y con base en ello producir estimaciones. En este caso se usará λ para producir la simulación y se despejará n para obtener una estimación de defectos para un producto ponderado en PFSA.

$$n = \lambda u \quad (3)$$

Los datos usados para la determinación de la distribución de δ , fueron datos de dos proyectos de la fábrica de software gestionados con CMMI nivel 3. Los datos incluían la siguiente información: orden cronológico, nombre de proyecto, nombre del requerimiento, PFSA, y defectos encontrados en las pruebas: unitarias, por pares, de integración y regresión. Es un conjunto de 27 requerimientos ponderados en PFSA y se analizaron, en conjunto para contar con el mayor número de registros posible, con la herramienta estadística Minitab haciendo pruebas de bondad de ajuste para Poisson. Dado que todas las pruebas buscan esencialmente lo mismo, no se hizo distinción entre las pruebas, de haberse hecho, no se hubiera contado con suficientes registros para el análisis.

La tabla 1 muestra un resumen de los datos a analizar. El nombre del requerimiento en esta tabla solo refleja el orden en que se codificó, importante para realizar gráficos de control, pero su generación y uso no se aborda en este documento.

Proyecto	Requerimiento	PFSA	Defectos
P1	RF01	0.60	7
P1	RF02	0.60	5
P1	RF03	0.30	6
P1	RF04	0.40	2
P1	RF05	0.40	7
P1	RF06	0.30	6
P1	RF07	0.30	2
P1	RF08	0.40	3
P1	RF09	0.50	4
P1	RF10	0.30	5
P1	RF11	0.70	4
P1	RF12	1.00	2
P2	RF01	0.60	1
P2	RF02	0.40	1
P2	RF03	0.60	0
P2	RF04	0.30	0
P2	RF05	0.30	4
P2	RF06	0.30	1
P2	RF07	0.30	4
P2	RF08	0.30	0
P2	RF09	0.30	0
P2	RF10	0.30	1
P2	RF11	0.30	2
P2	RF12	0.40	1
P2	RF13	0.30	5
P2	RF14	0.30	3
P2	RF15	0.40	1

Tabla 1 Datos históricos de defectos de dos proyectos de la fábrica de software de la UTL

Resultados

Asumiendo que $\lambda = \delta$, un primer intento de análisis se hizo para el conjunto completo de requerimientos, usando la formula número 2 para obtener una tasa de defectos para un solo PFSA. Sin embargo, la tasa produce números con parte fraccionaria; y un análisis de bondad de ajuste para Poisson no es posible pues no existen defectos con parte fraccionaria, además de que Poisson es una distribución Discreta.

La segunda aproximación a la solución del problema fue agrupar los requerimientos por tamaño, encontrado que mayoría de ellos tenían .30 PFSA. En este caso, la hipótesis nula, “los datos siguen una distribución de Poisson”, se hubiera descartado si el valor p hubiera sido menor o igual que un nivel de significancia de .05; pero para este análisis p fue de 0.202. Para confirmar la hipótesis nula, el valor crítico de la distribución Chi-cuadrada de 3 grados de libertad (GL) y una significancia de .05 es de 7.81473 y el estadístico Chi-cuadrada obtenido de los datos analizados es 4.62162, que es menor al valor crítico.

De esta manera, se obtuvo una λ de 2.78571 defectos por cada .30 PFSA. Esta λ , es la media y la varianza de la distribución de defectos que sirvieron de establecer línea base de defectos en la construcción de software en la fábrica de software de la UTL. La figura 1 muestra un resumen del análisis.

Obtenida λ de la distribución de Poisson, se realizó una escalación de λ para el intervalo de un PFSA. De acuerdo con Gallager (2011) “Para un proceso de Poisson de tasa λ , y para cualquier $t > 0$, la FMP [función de masa de probabilidad] para $N(t)$ (por ejemplo, el número de llegadas en $(0,t]$) viene dado por la [ecuación (4) de la] FMP de Poisson”

$$P_{N(t)}(n) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \tag{4}$$

Entonces, existe un intervalo $(a, b]$ con una longitud de un PFSA que está dividido en m instantes; y se asume que se ha obtenido una $\lambda t = 2.78571$ para el instante $t_0 = .3$. Si se despeja λ , sabríamos que el factor de escala es 3.33 y λ es 9.2857 para nuestra distribución de Poisson.

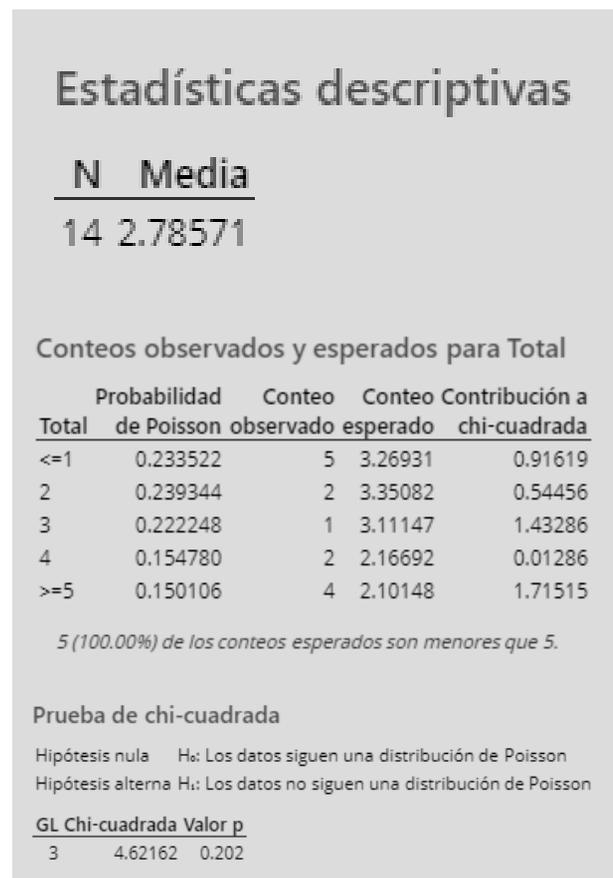


Figura 1 Estadísticas descriptivas de la distribución de defectos en productos de la fábrica de software de la UTL

Conclusiones

Buscar si la distribución de λ (en nuestro caso δ) sigue la distribución Poisson, es un error. La teoría dice que la distribución de Poisson modela el número de eventos que ocurren por unidad (Humberto Gutiérrez, 2013), pero no que la media de la distribución, λ , también va a seguir a distribución Poisson. Se menciona esto porque existe la tendencia a manejar la densidad de defectos de la misma forma en que se maneja la densidad de esfuerzo en construcción de software, debido a que la distribución de la tasa de esfuerzo por unidad se puede modelar usando la distribución estándar, pero la distribución de la tasa de defectos por unidad no se pudo modelar por Poisson, y en todo caso se puede asumir que la distribución muestral de la tasa δ , que son medias de Poisson, será normal.

Aunque la tasa de defectos se pudo modelar como una distribución Poisson, se encontraron varias situaciones que pueden hacer poco práctica esta solución:

- a) Se tuvieron que agrupar los requerimientos de acuerdo con su tamaño en PFSA, esto produjo que, de 27 registros de varios tamaños, solo se usaran 14 con un tamaño de .3 PFSA
- b) Justificar el escalamiento de λ , en el SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) para obtener el nivel 4 de CMMI, produjo controversias entre los evaluadores y el equipo CMMI de la UTL, pues no se contaba con justificación matemática presentada en este documento.
- c) Si bien los evaluadores del SCAMPI aceptaron la λt propuesta, no aceptaron que la λ escalada fuera usada como parámetro en simulaciones de Montecarlo para Poisson, ya que no se había obtenido directamente de la herramienta estadística, propuesta por el equipo CMMI de la UTL, Minitab.
- d) Como no se pudo usar la λ escalada como línea base, usar λt implicó hacer la transformación de la tasa δ para cada uno de los requerimientos en particular lo cual se vuelve muy laborioso a medida que el número de requerimientos de un proyecto crece.

Como trabajo a futuro, se buscará normalidad en la densidad de defectos para producir un conjunto de parámetros de distribución estadística que sean más fáciles de manejar en las simulaciones de Montecarlo y fáciles de justificar en un SCAMPI de CMMI.

Referencias

- CMMI Product Team. (2010). *CMMI® for Development, Version 1.3*. Pittsburgh, PA.: Carnegie Mellon University Press.
- Gallager, R. G. (2011, 01 31). *DISCRETE STOCHASTIC PROCESSES*. Retrieved from Chapter 2: Poisson processes: https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-262-discrete-stochastic-processes-spring-2011/course-notes/MIT6_262S11_chap02.pdf
- Humberto Gutiérrez, R. d. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Minitab, LLC. (2020, 11 24). *Minitab-Soporte*. Retrieved from Interpretar todos los estadísticos y gráficas para Prueba de bondad de ajuste para Poisson: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/goodness-of-fit-test-for-poisson/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/>
- Rincón, L. (2007). *Curso elemental de PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA*. México: Facultad de Ciencias UNAM.

Sistema de información para la caracterización de imágenes de desgaste en álabes de rotor de una turbina de gas

Information system for characterizing wear images on gas turbine rotor blades

VILLAGRÁN-VILLEGAS, Luz Yazmín†*,'', PATIÑO-ORTIZ, Miguel', HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Luis Héctor' y VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Víctor''

'Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco", Edificio 5 3er. Piso, Col. Lindavista, C.P. 07300, Ciudad de México.

''Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Av. Venustiano Carranza S/N, Revolución, C. P. 93390, Poza Rica; Veracruz, México.

ID 1^{er} Autor: Luz Yazmín, Villagrán-Villegas / **ORC ID:** 0000-0003-3860-2923, **CVU CONACYT ID:** 96365

ID 1er Coautor: Miguel, Patiño-Ortiz / **ORC ID:** 0000-0002-5630-8077, **CVU CONACYT ID:** 167388

ID 2do Coautor: Luis Héctor, Hernández-Gómez / **ORC ID:** 0000-0003-2573-9672, **CVU CONACYT ID:** 5107

ID 3^{er} Coautor: Víctor, Velázquez-Martínez / **ORC ID:** 0000-0001-5343-8346, **CVU CONACYT ID:** 799141

DOI: 10.35429/JCS.2020.11.4.27.34

Recibido: 20 de Enero, 2020; Aceptado 30 de Junio, 2020

Resumen

En México, usuarios finales de turbinas de gas, en su norma NRF, solicitan, en adquisición de turbomaquinaria nueva, los diagramas de Goodman y Campbell. Sin embargo, no se tiene reportado el requerimiento de los diagramas cuando la turbina es enviada a un reacondicionamiento (overhaul). En este artículo de investigación, se sugiere que el usuario final, al efectuar un análisis de desgaste de un álabe de turbina, conozca con precisión las condiciones de un álabe en caso de pérdida total de la máquina o en condiciones en las que envíe a reacondicionamiento uno o varios discos de turbina al fabricante, así mismo, las condiciones en las que se recibe después de su reparación o reacondicionamiento. El desgaste y la fricción son factores adversos que reducen la vida útil de un equipo mecánico. La pérdida de una cantidad relativamente pequeña de material, en ciertas localizaciones críticas de cualquier pieza mecánica, pueden marcar la diferencia entre el daño y el buen funcionamiento de la misma, por lo que esta investigación tiene como objetivo caracterizar imágenes de un álabe de turbina con el fin de identificar algún desgaste o falla mecánica; analizando las respuestas a variables determinísticas y no determinísticas, buscando respuestas que coadyuven en la detección temprana de alguna falla mecánica que evite la pérdida total de la turbina de gas en operación. Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación se usan técnicas y herramientas con un enfoque sistémico y sistemático, que permitirán la caracterización e interpretación de imágenes de álabes de turbinas de gas.

Álabes, Turbina de gas, Sistemas, Análisis de imágenes

Abstract

In Mexico, the end user of gas turbines (PEMEX), in the NRF standard, requests the Goodman and Campbell diagrams for the acquisition of new turbo machinery. However, the requirement of the diagrams is not reported when the turbine is sent for overhaul. In this research article, it is suggested that the end user when carrying out a wear analysis of a turbine blade, know precisely the conditions of a blade in case of total loss of the machine or in conditions in which they send one or several turbine discs to the manufacturer and the conditions that receives after overhaul the discs. Wear and friction are the most adverse factors in reducing the useful life of mechanical equipment. The loss of a relatively small amount of material, in certain critical locations of any mechanical part, can make the difference between the damage and the good functioning of the gas turbine, so this research aims to characterize images of a turbine blade with in order to identify any wear or mechanical failure; analyzing the responses to deterministic and non-deterministic variables, looking for responses that contribute to the early detection of any mechanical failure that prevents the total loss of the gas turbine in operation. To achieve the objectives set out in this research, techniques and tools with a systemic and systematic approach are used, which will allow the characterization and interpretation of images of gas turbine blades.

Blades, Gas turbine, Systems, Images analysis

Citación: VILLAGRÁN-VILLEGAS, Luz Yazmín, PATIÑO-ORTIZ, Miguel, HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Luis Héctor y VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Víctor Sistema de información para la caracterización de imágenes de desgaste en álabes de rotor de una turbina de gas. Revista de Simulación Computacional. 2020. 4-11:27-34.

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: yvillagran@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La estructura de esta investigación contempla tres etapas, resultados y conclusiones. En la primera etapa se describen las características generales de las turbinas aeroderivadas para aplicaciones costa afuera, los elementos principales de una turbina de gas y los mecanismos de degradación de materiales en la turbina, en específico, los álabes de compresor axial. A partir de esto, se plantea el caso de estudio y la metodología a seguir. En la segunda etapa se describe el diseño del sistema que permitirá efectuar la caracterización de imágenes de desgaste de álabes de compresor axial, se describe el procesamiento digital de imágenes y se efectúa la propuesta del diseño del modelo sistema-vista-controlador. La tercera etapa presenta la caracterización de imágenes de desgaste en la imagen de un álabes de la 7ª. Etapa del compresor axial de una turbina de gas de 4700 H.P. Para el reconocimiento y caracterización del desgaste en álabes se aplican filtros a las imágenes.

Las turbinas de gas aeroderivadas son utilizadas en la producción de energía eléctrica en plantas industriales y en instalaciones petroleras; entre sus principales características esta su gran confiabilidad y su alta relación potencia/peso. Al tener menos peso que las turbinas convencionales son más simples de instalar y su arranque es sencillo. Sin embargo, debido a que tienen menos masa es difícil detectar las vibraciones ante fallos en el funcionamiento. Las turbinas de gas aeroderivadas tienen dos componentes básicos; un generador de gas y una turbina de potencia, la turbina de potencia no es acoplada mecánicamente, su acoplamiento es aerodinámico [1].

El medio ambiente juega un papel relativamente pasivo en el ciclo de operación de una turbina de gas, ya que existen condiciones atmosféricas que pueden afectar su funcionamiento y periodo de vida útil [2]. La acción principal de los álabes del rotor es aumentar la velocidad del aire y la presión dinámica, pues dicho rotor recoge la energía que le entrega la turbina. La presión estática aumenta también en el rotor, pues en el diseño de los álabes (Figura 1), se les da mayor sección de salida que de entrada, lo que provoca un efecto difusor.



Figura 1 Álabes de rotor de un compresor axial.

Nota. Adaptado de Disco de compresor de turbina, Villagrán-Villegas Luz Yazmin, 2017

Fuente. Tesis doctorado y [3]

En las turbinas de gas, las temperaturas de operación son elevadas, y esto puede provocar su deterioro por fenómenos de oxidación y corrosión. El daño ocasionado por estos fenómenos hace imprescindible la búsqueda de mecanismos y nuevos materiales que permitan aumentar la vida en servicio de estos materiales. Los nuevos desarrollos han permitido disminuir la degradación de los sustratos, aumentando la vida útil de los componentes [4], retardando el proceso de oxidación. Para los álabes de turbinas de gas, los materiales más usados son las súper aleaciones de titanio o de níquel y las aleaciones de wolframio-molibdeno. El montaje sobre el rotor requiere especial cuidado, ya que se debe prestar una atención especial al ángulo óptimo.

La corrosión de los álabes del compresor puede ocurrir debido a la humedad que contiene las sales y los ácidos que se acumulan en él. Durante los años ochenta, GE introdujo un nuevo material para álabes de compresores, GTD-450, un acero inoxidable martensítico endurecido por precipitación para sus máquinas avanzadas y mejoradas, sin sacrificar la resistencia a la corrosión por tensiones. El GTD-450 ofrece mayor resistencia a la tracción, resistencia a la fatiga de alto ciclo y resistencia a la fatiga por corrosión, en comparación con el tipo 403. GTD-450 también posee una resistencia superior a los ambientes de sal ácida al tipo 403, debido a una mayor concentración de cromo y presencia de molibdeno [5].

Los mecanismos que causan la degradación de la turbina [6]. son: incrustaciones, corrosión, corrosión en caliente, oxidación, erosión, abrasión, fusión de partículas y degradación mecánica.

En las instalaciones petroleras las pérdidas son evaluadas en barriles diarios de petróleo. Por ejemplo: Actualmente el Activo Nohoch-Alfa tiene una producción de 8,000 Bd, es decir \$388,960.00 US, y tiene instaladas cinco turbinas de gas, en las cuales en caso de falla se tendría que llamar al servicio técnico a bordo, en donde la falla tendría un costo de 56.864 Bd por cada ingeniero de servicio que se utilice, más la pérdida en producción. Por la importancia de los costos de fallas es necesario contar con técnicas y herramientas para efectuar análisis de los mecanismos de desgaste, a partir de la caracterización de imágenes, que permitan conocer y disminuir los paros no programados y las fallas en las turbinas de gas, debido a que, de acuerdo a la literatura consultada, existe un 40% de paros no programados por vibraciones en la sección de compresor y 10% de pérdida total de la turbina de gas, originada por partículas en el interior del compresor. De hecho, la mayor parte de los problemas en turbinas de gas son debido a daños que se presentan en los álabes de la sección de compresor axial, los cuales son resueltos con el re-alabeo a las 30,000 horas de operación, siendo el reacondicionamiento (overhaul) promedio cada 3-4 años de operación de un equipo.

Los modos de desgaste más frecuentes son severas acciones de picadura, sin embargo, los mecanismos de desgaste no son los mismos, cada caso es particular, dependiendo de su ubicación, latitud, ambiente y condiciones de operación y mantenimiento. En México, en Cantarell existen 600 unidades de turbogas instaladas, de las cuales 30 unidades son del tipo aeroderivada de 4,700 H. P., con un valor aproximado de \$11,474,303.12 US. El tamaño óptimo de las turbinas aeroderivadas mantiene una alta relación potencia-peso, que son factores clave en el mar, así como para la disponibilidad, confiabilidad y robustez.

Los usuarios finales son los que efectúan la reparación y reacondicionamiento de las turbinas de gas; pero en caso de requerir reparación de discos de turbina, éstos son enviados al fabricante. Partiendo de lo anterior, el objetivo de este trabajo es el desarrollo de una herramienta que permita efectuar el análisis de los mecanismos de desgaste de alabes de turbinas de gas a partir de la caracterización de imágenes, con el objetivo de reducir costos en este tipo de estudios, que actualmente oscilan en US \$2,764.75 [7].

Metodología

A. Metodología Jenkins Wilson.

La metodología Jenkins-Wilson consiste en cuatro fases las cuales facilitan la toma de decisiones y la solución de problemas.



Figura 2 Metodología de Jenkins [8]

Nota. Adaptado de Metodología Jenkins, Brulé, J. y Bount, A., 1989

Fuente: Knowledge Acquisition Computing Mc. Graw Hill.

Fase 1: Análisis de Sistemas

Las actividades que se llevan a cabo en esta etapa son:

- Identificación y formulación del problema.
- Organización del proyecto.
- Definición del sistema.
- Definición del supra sistema.
- Definición de los objetivos del supra sistema.

- Definición de los objetivos del sistema.
- Definición de las medidas de desempeño del sistema.
- Recopilación de datos e información.

Las partes de la primera fase nos ayudan a tener una visión más clara del problema, para poder identificarlo y facilitar la toma de decisiones.

Fase 2: Diseño de Sistemas

Fase en la cual: se proporciona el ambiente futuro del sistema, se desarrolla un modelo cuantitativo del sistema, se efectúa una evaluación de las alternativas generadas y se selecciona la que optimice la operación del sistema. En esta fase se predicen los posibles resultados de las medidas a tomar para no obtener resultados inesperados y tener una clara visión del rumbo que llevan las acciones.

Fase 3: Implantación de Sistemas

Los resultados se deben presentar a los tomadores de decisiones, solicitar la aprobación para la implantación del diseño propuesto y se construye en detalle el sistema. En esta fase se busca implementar el sistema, después de cubrir todos los resultados posibles en la fase 2, para así obtener el mejor sistema.

Fase 4: Operación y apreciación retrospectiva de sistemas

Los resultados se deben presentar a los tomadores de decisiones, buscar la aprobación para la implantación del diseño propuesto y la construcción a detalle del sistema.

Una vez construido el sistema, se debe mantener en observación, ya que es muy importante la retroalimentación [9].

B. Procesamiento digital de imágenes.

El objetivo del procesamiento de imágenes es transformar o analizar una imagen para extraer nueva información que antes no era evidente. (Figura 3)

Una imagen óptica puede convertirse en una señal eléctrica con una cámara de video o dispositivo que contenga dicha función, esta acción cambia la imagen de ser una fuente de luz óptica a una señal eléctrica que varía continuamente. Dicha señal representa una imagen que se denomina analógica de una imagen o señal analógica.

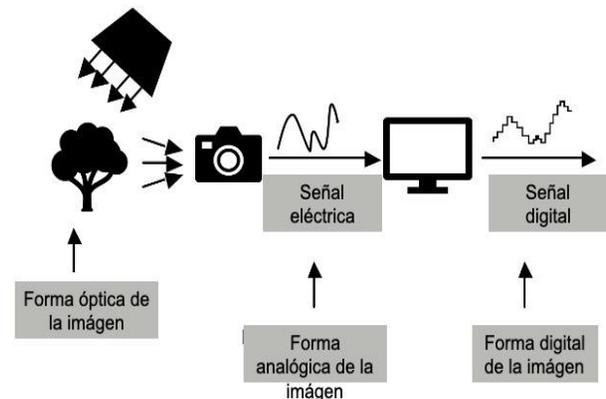


Figura 3 Representación gráfica de la digitalización de una escena [10]

Nota. Digitalización de imagen, Alcaniz, R., 2011
Fuente. Procesamiento Digital de Imagen.

Para el análisis de imágenes es necesario realizar una serie de pasos previos (Figura 4) con el fin de realizar un buen análisis de estas [11], por lo que es necesario revisar el paradigma propuesto por González y Woods [12], en el cual proponen lo siguiente:

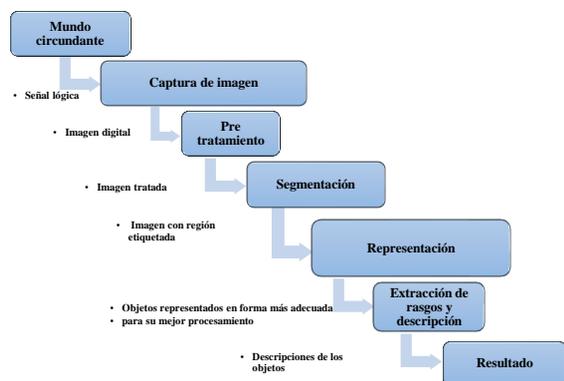


Figura 4 Esquema de captura de una imagen [12]

Nota. Esquema de captura de una imagen, Sossa, H., 2019
Fuente. Procesamiento y análisis digital de imagen.

a) Formación de la imagen

Una imagen es aquellos objetos iluminados por una o más fuentes de radiación, la cual es una representación óptica de los mismos, por lo tanto una imagen está formada por varios elementos, los cuales son: el objeto u objetos, la iluminación y el sistema de formación de imágenes. Por lo que es importante cuidar la iluminación, que debe ser considerada en los modelos matemáticos que quieran reflejar con fidelidad la realidad física.

b) Captación de una imagen

Un sistema óptico (H) se modela como un sistema de desplazamiento no lineal e invariante, el cual tiene una respuesta tipo impulso $h(x, y)$, este sistema tiende a suprimir las altas frecuencia contenidas en la imagen $f(u, v)$ por lo que la salida es una imagen borrosa $s(x, y)$ comparada con la realidad. (Figura 5).



Figura 5 Esquema de captura de una imagen [12]

Nota. Digitalización de imagen, Alcaniz, R., 2011

Fuente. *Procesamiento Digital de Imagen*

En casos prácticos la relación existente de la señal de entrada $s(x, y)$ y la corriente eléctrica de salida $n(x, y)$ es altamente no lineal y, por tanto, el dispositivo de captación es aún una señal analógica bidimensional.

c) Muestreo y cuantificación

Para que la imagen analógica bidimensional se convierta de una señal continua a forma digital, se involucra un proceso de muestreo y cuantificación

La digitalización de las coordenadas se denomina muestreo de la imagen, mientras que la amplitud se conoce como cuantificación de los niveles de grises

Las imágenes digitales son un muestreo y cuantificación de señales de video obtenidas mediante sensores especializados. El muestreo es la tarea de discretización del escenario en el plano sensor. Dicha imagen es convertida en una matriz discreta cuyo tamaño es de $M \times N$ pixeles. El muestreo tiene una relación directa con la resolución espacial de la imagen.

Para determinar la resolución requerida para el análisis de la imagen y que los resultados sean satisfactorios, hay que observar y tener cuidado con dos factores en el muestreo, el primero es ¿cuál es la caracteriza más pequeña a observar dentro de la imagen? y la segunda es ¿cuál es el espacio que desea tomar?, por lo que la magnificación y la resolución de la imagen toma una gran importancia para el análisis de la imagen.

Un factor influyente dentro de la toma de imágenes es la iluminación (Figura 6), ya que esta puede influir en la toma de las imágenes y en una toma de decisión, la cual implica el área a tomar contra el factor del elemento más pequeño que se encuentre en la imagen.

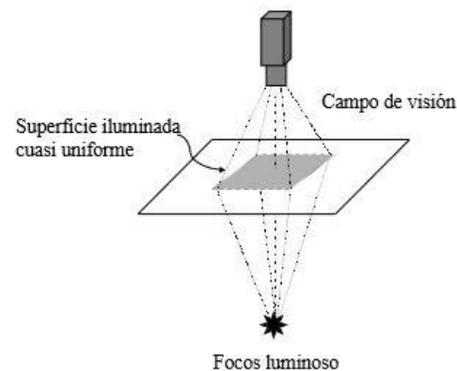


Figura 6 Esquema de captura de una imagen [12]

Nota. Captura de imagen, Sossa, H., 2019

Fuente. *Procesamiento y análisis digital de imagen*

Para el diseño del sistema experto se propone implementar la arquitectura de Modelo Vista Controlador (MVC) ver Fig. 7, que consta de tres componentes:

Modelo: Se considera a la base de datos que se encarga de almacenar los datos, consultas y actualizaciones.

Vista: Es la parte visual del sistema que permite la interacción entre el usuario y el sistema, mantiene comunicación constante con el controlador del sistema, su función es encargarse exclusivamente de la manera en que se muestran los datos al usuario.

Controlador. Es la lógica del sistema y se encarga de gestionar las peticiones del usuario, se comunica con la base de datos para obtener la información necesaria, la procesa y finalmente se la entrega a la vista.

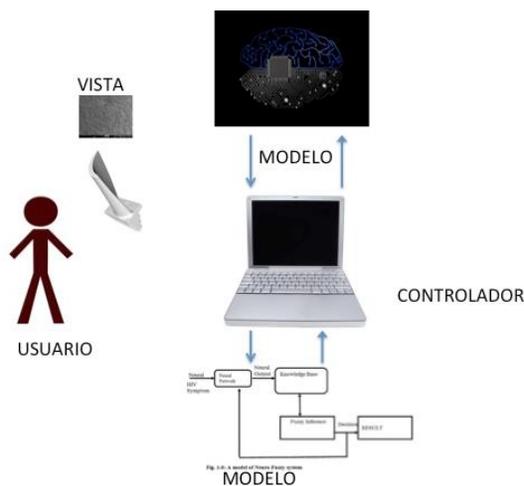


Figura 7 Modelo vista controlador del sistema
Fuente: *Elaboración Propia*

Se selecciona este modelo por sus ventajas, como poder separar la lógica del controlador de los otros elementos, por lo que lo hace más escalable y permite realizar modificaciones al motor de inferencia sin tener que realizar ajustes en la base de datos ni en la vista, y se puede adaptar perfectamente a la construcción del sistema experto.

Adaptando el MVC en el diseño del sistema experto se tiene:

Modelo; base de datos que contiene, los umbrales y los pesos sinápticos (datos resultado del entrenamiento de la red neuronal), el registro de la caracterización de las imágenes del álabe de compresor axial (datos provenientes de la caracterización de las imágenes de mecanismos de desgaste) y una base de conocimiento. En la Figura 7 se presenta el diagrama de entidad relación propuesto para el modelo de base de datos del sistema. En la Figura 8 se puede apreciar una imagen de muestra el diseño propuesto de la vista.

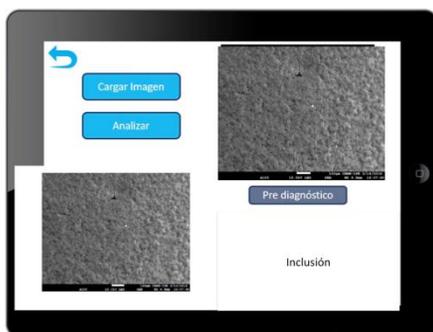


Figura 8 Ejemplo de la vista de un sistema.
Fuente: *Elaboración Propia*

Metodología

La cadena de procesamiento para analizar y caracterizar imágenes se describe en las siguientes etapas [12]:

- Pre-procesamiento. Operaciones para adaptar la información de una imagen y tener mejor análisis en pasos posteriores. Ejemplos de procesamiento son las operaciones de brillo y contraste.
- Segmentación. Operaciones para hacer una partición de la imagen en varias regiones que representen la información necesaria para el problema a resolver.
- Detección de objetos y clasificación. Determinación y clasificación de los objetos contenidos en la imagen.
- Análisis de imagen. Obtener información de alto nivel acerca de lo que la imagen muestra.

Resultados

La Figura 9 muestra la superficie del álabe de turbina en diferentes zonas de daño, aquí es posible observar un daño provocado por el impacto de una partícula. En este álabe se efectuó un barrido de la muestra a 15 KV. Los filtros aplicados a la imagen del álabe realizan una operación de convolución entre la imagen a ser filtrada y una máscara. A continuación, se aplicarán los siguientes filtros: filtro de la media, sobel, logarítmico, laplaciano y gaussiano [13].

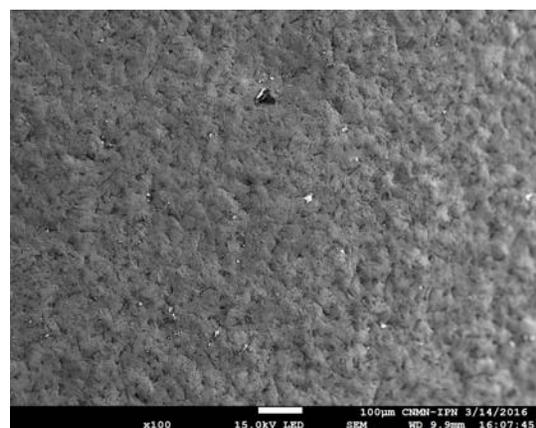


Figura 9 Álabe de rotor, 15KV, microscopio electrónico de barrido
Fuente: *Elaboración propia*

Filtro de la media: Dada la imagen $f(i,j)$, el procedimiento consiste en generar una nueva imagen $g(i,j)$, cuya intensidad para cada píxel se obtiene promediando los valores de intensidad de los píxeles $f(i,j)$ incluidos en un entorno de vecindad predefinido.

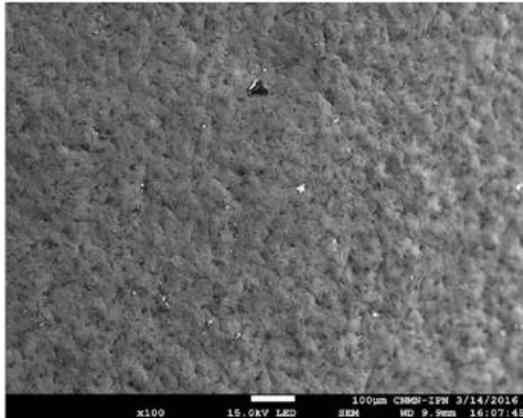


Figura 10 Álabes de rotor, 15KV, microscopio electrónico de barrido aplicando filtro de la media
Fuente: Elaboración propia

En la imagen de la Fig. 10 puede apreciarse la importancia de definir el tamaño de la máscara. Cuanto mayor sea ésta, se consigue una mayor reducción del ruido, pero a cambio se produce una mayor difuminación de los bordes. Aplicando la máscara de Sobel se obtiene:

$$G_x = (I7+2 \cdot I8+I9) - (I1+2 \cdot I2+I3)$$

$$G_y = (I3+2 \cdot I8+I9) - (I1+2 \cdot I2+I7)$$

El cálculo del gradiente de la combinación de la matriz horizontal y vertical.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

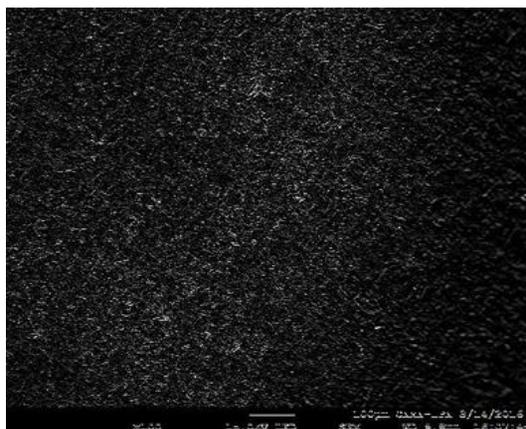


Figura 11 Álabes de rotor, 15KV, microscopio electrónico de barrido aplicando filtro Sobel
Fuente: Elaboración propia

El rango dinámico de una imagen (Fig. 11) puede comprimirse reemplazando cada valor de píxel por su logaritmo. Esto produce el efecto, que los valores de los píxeles de baja intensidad son intensificados. Aplicando el operador logaritmo a la imagen puede ser beneficioso en aplicaciones donde el rango dinámico puede ser demasiado largo para presentarlo en una pantalla. El operador logarítmico es un procesamiento del píxel simple, donde la función de muestreo es una curva logarítmica. Es decir, cada píxel es reemplazado con su logaritmo. La mayoría de las implementaciones aplican el logaritmo natural o el logaritmo en base 10 [14].

La función de muestreo del logaritmo viene dada por:

$$G(i,j) = c \log(|P(i,j)|)$$

Donde P y Q son las imágenes de entrada y salida, respectivamente, y c es el factor de escala. Dado que el logaritmo no está definido para el valor 0, muchas implementaciones de este operador añaden el valor 1 a la imagen antes de aplicar el logaritmo. Este operador se define como:

$$Q(i,j) = c \log(1 + P(i,j))$$



Figura 12 Álabes de rotor, 15KV, microscopio electrónico de barrido aplicando filtro Logarítmico
Fuente: Elaboración Propia

El operador del filtro Gaussiano (Fig.12) es un operador de convolución para imágenes que se utiliza para emborronar imágenes y eliminar detalles y ruido. En este sentido es similar al filtro de la mediana, pero este filtro utiliza una matriz de convolución distinta que representa la forma de la función de una función Gaussiana (en forma de campana).

Esta matriz presenta algunas propiedades especiales. La distribución Gaussiana en una sola dimensión tiene la forma:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

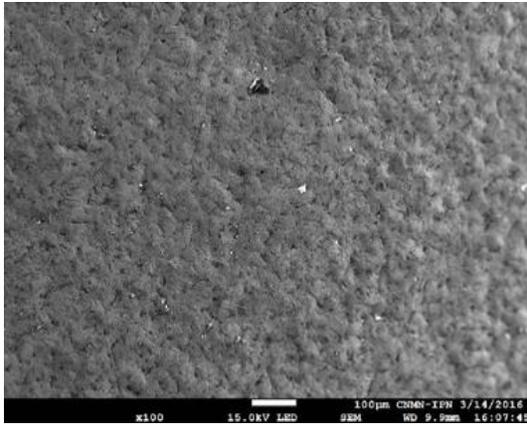


Figura 13 Álabes de rotor, 15KV, microscopio electrónico de barrido aplicando filtro Gaussiano.

Fuente: Elaboración propia

Agradecimiento

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN), México, por su apoyo para el desarrollo de este trabajo.

Conclusiones

Al aplicar a las imágenes un conjunto de filtros, se observa que el gaussiano permite un mejor análisis de los mecanismos de desgaste presentes en las muestras. El análisis de los resultados obtenidos, hasta el momento, ha permitido avanzar en el desarrollo de una herramienta que sirva de apoyo en la caracterización del desgaste en super aleaciones.

Referencias

- [1] Boyce, M. P. (2002). Gas turbine engineering handbook (2a ed., Vol. 1). (Gulf, Ed.) Houston, Tx, USA: Gulf Professional Publishing.
- [2] Pettit, F. S., & Goward, G. W. (1981). High temperature corrosion and use of coatings for protection. Metallurgical Treatises , 1, 603-619.
- [3] Solar Turbines A Caterpillar Company. (2007). Curso de operación y mantenimiento rutinario (Vol. 1). San Diego, C.A., USA: Solar Turbines Incorporated.

- [4] Nageswara Rao , M. (2011). Materials for Gas Turbines – An Overview, Advances in Gas Turbine Technology. Intech Europe, University Campus STeP Ri. Rijeka: Intech.
- [5] Shilke, P. W. (2004). Advanced Gas Turbine Materials and Coatings . (Ge, Ed.) Ge Power , 1 (356).
- [6] Kurz. (2014). Gas turbine degradation. Turbomachinery Laboratory , 1 (1), 36.
- [7] New Energy Connections. (2014). Mexico Oil&Gas Review (Vol. 1). Mexico, Mexico, Mexico: LLC.
- [8] Brulé, J. y Bount, A. (1989). Knowledge Acquisition. s.l. : Computing Mc. Graw Hill.
- [9] Wilson, B. (1993). Sistemas: Conceptos, Metodologías y Aplicaciones (Vol. 1). México, México: Limusa editores.
- [10] Alcaniz, R. (2011). Procesamiento Digital de Imagen, 37, Cataluña, España.
- [11] Cuevas, E. (2017). Tratamiento de Imágenes con Matlab,
- [12] Sossa, H. (2019) Procesamiento y análisis digital de imagen. Alfa Omega Ra-ma.
- [13] Ramírez J., C. M. (2011). Redes neuronales para el procesamiento de imágenes, una revisión de última década (Vol. 9). RIEE.
- [14] Sossa, H. (2019) Procesamiento y análisis digital de imagen. Alfa Omega Ra-ma.

Control robusto de la actitud para el seguimiento de trayectoria de un VANT

Robust trajectory tracking attitude control for a VANT

DÍAZ-TELLEZ, Juan^{†*}, ESTEVEZ-CARREÓN, Jaime, SILVA-JUÁREZ, Alejandro y GARCÍA-RAMÍREZ, Rubén Senén

*Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, México.
Universidad Tecnológica de Puebla, México.*

ID 1^{er} Autor: *Juan, Diaz-Tellez* / ORC ID: 0000-0003-2095-7881, CVU CONACYT ID: 628537

ID 1^{er} Coautor: *Jaime, Estevez-Carreón* / ORC ID: 0000-0002-2549-3345, Thomson ID Research: N-7519-2013, CVU CONACYT ID: 200706

ID 2^{do} Coautor: *Alejandro, Silva-Juárez* / ORC ID: 0000-0001-8473-9803, Thomson ID Research: F-6969-2018, arXiv ID Author: Alejandro_Silva, CVU CONACYT ID: 637028.

ID 3^{er} Coautor: *Rubén Senén, García-Ramírez* / CVU CONACYT ID: 67513

DOI: 10.35429/JCS.2020.11.4.35.41

Recibido: 25 de Enero, 2020; Aceptado 30 de Junio, 2020

Resumen

Este documento propone un sólido control de seguimiento de comportamiento aplicado a micro vehículos aéreos de despegue y aterrizaje vertical (VANT) basado en el enfoque de control de rechazo activo de perturbaciones (ADRC). La técnica propuesta agrupa las perturbaciones endógenas y exógenas en una perturbación total, que se estima en línea a través del observador de estado extendido (ESO). Una vez que se determina la perturbación, se propone un controlador basado en cuaterniones, que compensa y alivia la perturbación de forma activa. La ley de control está limitada; en consecuencia, tiene en cuenta las capacidades máximas de los actuadores. La prueba de estabilidad de lazo-cerrado (observador y control) está garantizada en el sentido de ISS. Los resultados de la simulación permiten validar las características teóricas.

Abstract

This paper proposes a robust attitude tracking control applied to Vertical Take-off and Landing Micro Aerial Vehicles (VANT) based on Active Disturbance Rejection Control (ADRC) approach. The proposed technique groups the endogenous and exogenous disturbances into a total disturbance, which is estimated online via extended state observer (ESO). Once the disturbance is determined, a quaternion-based controller is proposed, which compensates and relieves the disturbance actively. The control law is bounded; consequently, it takes into account the maximum capabilities of the actuators. The stability proof of the closed-loop (observer and control) is guaranteed in the ISS sense. The simulation results allow validating the theoretical features.

Control Robusto, Cuaterniones, ESO

Robust Control, Quaternions, ESO

Citación: DÍAZ-TELLEZ, Juan, ESTEVEZ-CARREÓN, Jaime, SILVA-JUÁREZ, Alejandro y GARCÍA-RAMÍREZ, Rubén Senén. Control robusto de la actitud para el seguimiento de trayectoria de un VANT. Revista de Simulación Computacional. 2020. 4-11:35-41.

* Correspondencia al autor (correo electrónico: juan.diaz@itpuebla.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En los últimos años se ha mostrado un gran interés en los vehículos aéreos no tripulados (por sus siglas en inglés UAVs-Unmanned Aerial Vehicle) (VANT), en particular los vehículos de despegue y aterrizaje vertical (por sus siglas en inglés VTOL-Vertical Take-Off and Landing) como los multicopteros se han consolidado como una plataforma estándar para la robótica aérea.

Su habilidad para vuelos estacionarios, maniobras en espacios cerrados, su alta robustez y su capacidad para interactuar con el medio en el que se desarrollan, hacen que estas aeronaves sean capaces de resolver un sin fin de problemas, como manipulación aérea, navegación autónoma, búsqueda de personas, maniobras agresivas y agricultura de precisión.

Es esencial, por lo tanto, un alto grado de autonomía y diseñar controles robustos para la mayoría de las aplicaciones. La manipulación aérea ha atraído la atención de investigadores e industrias, debido a su capacidad de transportar cargas añadiendo al multicoptero algún mecanismo de sujeción. Se espera que los sistemas de entregas aéreas revolucionen la manera en que los clientes reciban sus bienes comprados. Sin embargo, utilizar mecanismo para transportar cargas mediante multicopteros es un gran reto en el diseño de control debido al movimiento de la carga, torques y momentos generados por el cambio en el centro de masa y cambios en el movimiento de la aeronave.

Los multicopteros por sí mismos, son sistemas no lineales sub actuados, sujetos a incertidumbres y dinámica no modelada, de múltiples entradas y múltiples salidas (por sus siglas en inglés MIMO Multiple Input Multiple Output).

En la literatura científica varias técnicas de control han sido utilizadas para la estabilización de la actitud. En [1] técnicas de control lineal como PID y LQ, en [2] se propone un PD², la realimentación exacta es utilizada en [3], para lograr un sistema completamente lineal en lazo cerrado.

Más recientemente en [4] se propone un observador para la estimación de los efectos Coriolis y disturbios externos, una ley de control de la actitud parametrizados en cuaterniones es abordada. La ley de control se muestra robusta entre perturbaciones externas y es capaz de realizar maniobras agresivas. En [4] se propone un control robusto basado en modo de deslizamiento integral y controlador de modo de retroceso para seguimiento de trayectorias, se presentan simulaciones del algoritmo propuesto. En [5] se analizan tres técnicas de control como control robusto de modo deslizante, control adaptivo de referencia del modelo y control de modo deslizante adaptivo, se analizan sus ventajas y desventajas.

La contribución de este trabajo se centra en el diseño y evaluación de una estrategia de control basada en la técnica de rechazo activo de perturbaciones ADRC (por sus siglas en inglés Active Disturbance Rejection Control) para el seguimiento de actitud del VANT con entradas acotadas.

Para ello se aborda el modelo matemático de un robot aéreo, que considera perturbaciones desconocidas. Por lo tanto, se presenta el diseño de un observador de estado extendido para estimar las perturbaciones externas. Además, se lleva a cabo el diseño de una ley de control para la estabilización de actitud que tiene en cuenta las perturbaciones estimadas.

En general y a diferencia de los trabajos anteriores citados, el diseño presentado para la estabilización de actitud se basa en la parametrización de cuaterniones, evitando singularidades y siendo un método computacionalmente eficiente de representar información rotacional.

Además, la ley de control se basa en el uso de funciones de saturación anidadas para tener en cuenta la limitación de los actuadores. Los resultados de la simulación validan la estrategia propuesta.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. La sección II presenta el modelo matemático del multicoptero, la dinámica inducida por la carga y su mecanismo de sujeción se modela como una perturbación variante en el tiempo.

En la sección III se aborda el diseño del observador de estado extendido y se presenta el algoritmo para el seguimiento de la trayectoria en actitud. La sección IV presenta las simulaciones numéricas para validar el algoritmo propuesto.

Modelo Matemático del multicoptero

Representación de actitud

Primeramente, se asume que un VANT puede ser modelado como un cuerpo rígido. Entonces considerando dos sistemas coordenados de referencia de mano derecha. El sistema coordenado del cuerpo $\mathbf{E}^b = \{\bar{\mathbf{e}}_1^b, \bar{\mathbf{e}}_2^b, \bar{\mathbf{e}}_3^b\}$, localizado en el centro de masa del cuerpo rígido y el sistema coordenado inercial, $\mathbf{E}^f = \{\bar{\mathbf{e}}_1^f, \bar{\mathbf{e}}_2^f, \bar{\mathbf{e}}_3^f\}$, localizado en algún punto de la superficie de la tierra, que en aras de la simplicidad se supone como un plano. Este marco es normalmente elegido con marco noreste-abajo (NED) con $\bar{\mathbf{e}}_1^f$ apuntado al norte, $\bar{\mathbf{e}}_2^f$, apuntado al este y $\bar{\mathbf{e}}_3^f$ apuntando al centro de la tierra.

Las coordenadas de rotación de un punto desde el sistema \mathbf{E}^i con respecto al sistema \mathbf{E}^f está representado por la matriz de actitud $\mathbf{R} \in SO(3) = \{\mathbf{R} \in \mathbb{R}^{3 \times 3} : \mathbf{R}^T \mathbf{R} = \mathbf{I}_3, \det(\mathbf{R}) = 1\}$; donde \mathbf{I}_3 es la matriz de identidad de 3×3

Observación 2.1 En este artículo \mathbf{R} es la matriz de las coordenadas que rotan de un punto desde el marco \mathbf{E}^b al marco \mathbf{E}^f .

El sistema de referencia fijo de un cuerpo en movimiento \mathbf{E}^b relativo a \mathbf{E}^f puede ser definido en términos de unidad de cuaterniones $q \in \mathbb{S}^3$ que esta definido como:

$$q := \begin{pmatrix} \cos \frac{\beta}{2} \\ \mathbf{e} \sin \frac{\beta}{2} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} q_0 \\ \mathbf{q}_v \end{pmatrix} \in \mathbb{S}^3 \quad (1)$$

Donde $\mathbf{q}_v = (q_1 \ q_2 \ q_3)^T \in \mathbb{R}^3$ y $q_0 \in \mathbb{R}$ son conocidos como la parte y escalar de un cuaternion respectivamente.

Además, q representa un elemento de $SO(3)$ por medio del mapa $\mathbf{R}_b^f: \mathbb{S}^3 \rightarrow SO(3)$ definido como:

$$\mathbf{R}(q) = \mathbf{I}_3 + 2q_0[\mathbf{q}_v^x] + 2[\mathbf{q}_v^x]^2 \quad (2)$$

$[\mathbf{r}^x]$ es mejor conocido como la matriz antisimétrica asociada al vector \mathbf{r} .

Sea $\omega = (\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3)^T \in \mathbb{R}^3$ el vector de velocidad angular de un cuerpo del sistema de coordenadas \mathbf{E}^i relativo al sistema de coordenadas inercial \mathbf{E}^f expresado en \mathbf{E}^i .

Entonces la ecuación cinemática está dada por:

$$\dot{q} = \begin{pmatrix} -\mathbf{q}_v^T \\ \mathbf{I}_3 q_0 + [\mathbf{q}_v^x] \end{pmatrix} \omega := \frac{1}{2} \Xi(q) \omega \quad (3)$$

El error de actitud es empleado para cuantificar el desajuste entre dos actitudes. Si q el cuaternion de actitud actual y q^d es el cuaternion deseado, esto es, la orientación deseada, entonces el cuaternion que representa el error de actitud entre la orientación actual y la deseada está dada por:

$$\tilde{q} = (q^d)^{-1} \odot q = (\tilde{q}_0 \ \tilde{\mathbf{q}}_v^T)^T \quad (4)$$

Donde q^{-1} es la rotación complementaria del cuaternion q , el cual está dado por $q^{-1} = (q_0 - \mathbf{q}_v^T)^T$ y \odot denota la multiplicación de cuaternion [6]. Cando el actual cuaternion q alcanza a un cuaternion deseado q^d , el cuaterniones del error se convierte en $q^{-1} = (\pm 1 \ 0^T)^T$, por tanto, existen dos puntos de equilibrio los cuales deberán ser considerados en el análisis de estabilidad [7].

Ecuaciones de movimiento de un VANT

El estudio del movimiento de un Vehículo Aéreo no Tripulado (sus siglas en inglés UAV), tiene dos conceptos principales: el movimiento rotacional y de traslación. De acuerdo con lo anteriormente mencionado [8], el modelo tiene seis grados de libertad (posición y actitud) del sistema, los cuales pueden ser separados en movimientos de traslación y de rotación representados respectivamente por Σ_T y Σ_R en las ecuaciones (5) y (6).

$$\Sigma_T: \begin{cases} \dot{\mathbf{p}} = \mathbf{v} \\ \dot{\mathbf{v}} = g \mathbf{e}_3^f - \frac{1}{m} \mathbf{R}_b^f \mathbf{e}_3^b T + \mathbf{F}_d \end{cases} \quad (5)$$

$$\Sigma_R: \begin{cases} \dot{q} = \frac{1}{2} \Xi(q) \omega_i \\ \mathbf{J} \dot{\omega} = -[\omega^x] \mathbf{J} \omega + \Gamma + \Gamma_d \end{cases} \quad (6)$$

Donde m denota la masa del VANT y \mathbf{J} es la matriz de inercia expresada en \mathbf{E}^b , \mathbf{g} es la aceleración de la gravedad y $\mathbf{e}_3^f = \mathbf{e}_3^b = (0\ 0\ 1)^T$, $\mathbf{p} \in \mathbb{R}^3$ representa la posición del centro de gravedad de la aeronave las cuales coinciden con el origen del sistema \mathbf{E}^b , con respecto al sistema \mathbf{E}^f , $\mathbf{v} \in \mathbb{R}^3$ y es la velocidad lineal en \mathbf{E}^f , y $\boldsymbol{\omega} \in \mathbb{R}^3$ denota el vector de velocidad angular del cuerpo del sistema coordinado \mathbf{E}^b relativo al sistema coordinado inercial \mathbf{E}^f expresado en \mathbf{E}^b . $\mathbf{e}_3^b T$ es el empuje total, expresado en \mathbf{E}^b . $\boldsymbol{\Gamma} \in \mathbb{R}^3$ dependientes de las coplas generadas por el actuador y como en consecuencia, este representa la señal de control. Además, algunas fuerzas de disturbios y torque actuando sobre la aeronave y son consideradas todas juntas en un vector \mathbf{F}_d . y $\boldsymbol{\Gamma}_d$ respectivamente.

Ellos pueden ser clasificados como endógenos (los cuales son generados por el ambiente) y disturbios exógenos (los cuales dependen de las variables internas). El primer grupo formado son las fuerzas gravitacionales, el torque del giroscopio asociado con el rotor de la nave, los acoplamientos entre la fuerza empujen y el torque actuado, el cual surge de hecho de que el vector de fuerza de empuje $\mathbf{e}_3^b T$ no pueden ser aplicados exactamente al centro de masa del vehículo. El último grupo son los torques inducidos por todas las fuerzas externas \mathbf{F}_d , cuyo valor depende de la aceleración traslacional y angular a un disturbio externo variante en el tiempo $d(t)$, incluyendo viento, el cual no depende de la posición y movimiento del vehículo. Note que el modelo (5-6) da lugar a dos subsistemas en cascada: uno rotacional y otro traslacional. Los movimientos longitudinales y laterales no pueden ser desempeñados sin un acoplamiento en los grados de libertad rotacional. Además, un control de actitud eficiente es crucial para mantener una actitud deseada en orden para alcanzar una posición deseada a pesar de los disturbios externos.

Diseño de una Trayectoria de seguimiento de actitud

El principal propósito del presente artículo es el diseño de un control robusto para el seguimiento de la actitud que pueda ser capaz de asegurar el control de posición de un VANT. (figura 1).

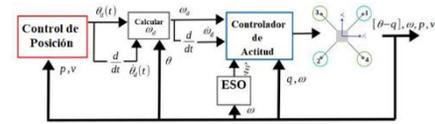


Figura 1 Mecanismo para transportar carga.

Que tiene los siguientes objetivos a alcanzar.

$$\mathbf{q}(t) \rightarrow \mathbf{q}_d(t) \in \mathbb{S}^3, \boldsymbol{\omega} \rightarrow \boldsymbol{\omega}_d \in \mathbb{R}^3 \quad (7)$$

El control de actitud puede ser diseñado para su uso comercial de autopilotos con el uso de los ángulos Euler en los controladores de posición, sin embargo, la ley de control para la actitud es parametrizada en cuaterniones. Dado que consideramos la actitud y la variable del error angular como:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\Theta}_e &= \boldsymbol{\Theta} - \boldsymbol{\Theta}_d \\ \boldsymbol{\omega}_e &= \boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{\omega}_d \end{aligned} \quad (8)$$

Donde $\boldsymbol{\Theta}_d = [\phi_d, \theta_d, \psi_d]$ es la señal de referencia deseada variante en el tiempo, la cual es obtenida desde el lazo externo. La $\boldsymbol{\omega}_d = [\omega_{xd}, \omega_{yd}, \omega_{zd}]$ representa la velocidad angular deseada variante en el tiempo.

Proponiendo una velocidad deseada como:

$$\boldsymbol{\omega}_d = \mathbf{W}^{-1}(\boldsymbol{\Theta}_d - k(\boldsymbol{\Theta} - \boldsymbol{\Theta}_d)) \quad (9)$$

Donde k es una matriz definida positiva. La velocidad angular propuesta $\boldsymbol{\omega}_d$ puede ser vista como un control virtual, el cual logra que el sistema alcance la señal de referencia deseada $\boldsymbol{\Theta}(t)$ de forma un suave y rápida.

Considerando la siguiente función candidata de Lyapunov, podemos verificar que $\boldsymbol{\omega}_d$ propuesta satisface $\dot{V} < 0$.

$$V = \frac{1}{2}(\mathbf{W}\boldsymbol{\omega} - \dot{\boldsymbol{\Theta}}_d) \quad (10)$$

La derivada de la función de Lyapunov está dada por:

$$\dot{V} = \boldsymbol{\Theta}_c^T(\mathcal{W}\boldsymbol{\omega} - \dot{\boldsymbol{\Theta}}_d) \quad (11)$$

Sustituyendo $\boldsymbol{\omega}_d$ en la ecuación (11) se obtiene $\dot{V} < 0$. De acuerdo con el análisis realizado proponemos la siguiente ley de control para resolver el problema de seguimiento de la trayectoria en orientación.

$$\tau^i = -\sigma M_2 \left(-J\dot{\omega}_d + \dot{\xi} + \sigma M_1 (\lambda[\omega_e + \rho q_e]) \right) \quad (12)$$

Donde $\omega_c = \omega - \omega_d$, $\dot{\xi}_i$ es el disturbio estimado por la alta ganancia del observador el cual es presentado en la siguiente sección, \tilde{q}_i es la desalineación de la actitud, finalmente σM_1 es la función de saturación la cual está definida por la ecuación (13).

Definición 3.1. Sea una constante positiva M , una función no desalineada $\sigma_M: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ esta definida por:

$$\begin{aligned} (1) \sigma M &= s \text{ si } |s| < M \\ (2) \sigma M &= \text{sign}(s)M \text{ en otra parte} \end{aligned} \quad (13)$$

El control realimentado propuesto debe tener en cuenta las restricciones físicas y limitaciones de la estructura del cuerpo y actuadores. Es está asegurado por el control de torque de saturación y empuje para evitar daños no deseados y maximizar la efectividad de los actuadores del sistema. Esto puede ser formulado como:

$$\Gamma_j \in [-\bar{\Gamma}_j, \bar{\Gamma}_j], \quad j \in \{1, 2, 3\}$$

Donde Γ_j representa los límites del j^{th} componente del control de torque, con $i \in \{1, 2, 3\}$ y donde $\sigma_{M_{i1}}$ y $\sigma_{M_{i2}}$ son las funciones de saturación tal que $K_0 < M_{i2} - M_{i1}$ y $M_{1i} \geq 3\bar{\lambda}_i \rho_i$. λ_i y ρ_i son parámetros positivos. $\dot{\xi} = J\eta_1$ con η_1 la estimación del disturbio desconocido $J^{-1}\xi$.

Entonces las entradas (12) estabiliza robustamente (6) para el origen del espacio del error $(1 \ 0^T \ 0^T)$ (i. e. $\tilde{q}_0 = 1, \tilde{q}_v = 0$ and $\omega_e = 0$) con un dominio de atracción igual a $\mathbb{S}^3 \times \mathbb{R}^3 \setminus (-1 \ 0^T \ 0^T)^T$

ADRC Diseño para la actitud

En esta subsección un estimador de estado extendido es propuesto, Primero consideramos la agrupación de las diferentes alteraciones endógenas y exógenas del modelo en un solo término $\xi(t)$.

$$J\dot{\omega} = \tau + \xi(t) \quad (14)$$

Donde

$$\xi(t) = [\omega^\times] \omega + \zeta(t) \quad (15)$$

Sea el ESO para estimar el disturbio global $\xi(t)$ que eventualmente cause inestabilidad en la dinámica de vehículo aéreo. Estableciendo los siguientes estados para estimar $\hat{\omega}$ y $\hat{\xi}$ que son la velocidad angular y los disturbios respectivamente., el ESO puede ser escrito como:

$$\Sigma_{ESO}: \begin{cases} -J^{-1}(\hat{\xi}(t) + \tau) + \lambda_1(\omega - \hat{\omega}) \\ \dot{\hat{\xi}} = \lambda_0(\omega - \hat{\omega}) \end{cases} \quad (16)$$

Donde λ_0 y λ_1 son matrices definidas positivas las cuales son elegidas de forma que en la realimentación sea un polinomio de Hurwitz.

Resultados de las simulaciones

Esta sección presenta las simulaciones realizadas para validar y demostrar la efectividad del controlador propuesto. Se presenta una aplicación que consiste en el seguimiento de trayectoria basada en puntos de referencia deseados. La simulación se centra en la agricultura de precisión, se divide un área mediante puntos de referencia unidos por una línea recta. La tabla I muestra los parámetros físicos utilizado sen la simulación. Para verificar y evidenciar la robustez del algoritmo de control propuesto, se han añadido torques y fuerzas externas al modelo matemático de la aeronave.

La perturbación externa se ha modelado como una carga esférica suspendida, la cual oscila de forma periódica. La ecuación describe la perturbación la cual representa aproximadamente el del máximo par permitido por los actuadores $\tau = 0.8 \text{ N m}$.

Parámetros	Descripción	Unidades
g	Gravedad	9.81 m/s ²
m	Masa	1.033 kg
J_{xx}	Inercia del eje x	0.00653 kg. m ²
J_{yy}	Inercia del eje y	0.00653 kg. m ²
J_{zz}	Inercia del eje z	0.00978 kg. m ²

Tabla 1 Parámetros físicos del VANT

Las figuras 2 y 3 muestran la perturbación externa que se ha modelado con la siguiente ecuación que describe un péndulo con ausencia de fricción.

$$\xi_r = \begin{bmatrix} 0.1 \cos 2t \sin 50t \\ -0.1 \cos 2t \sin 50t \end{bmatrix} \quad (17)$$

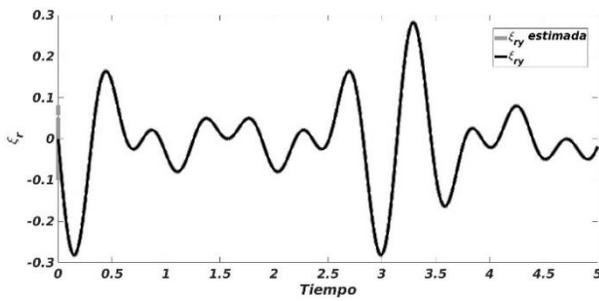


Figura 2 Disturbio en rotación en eje x

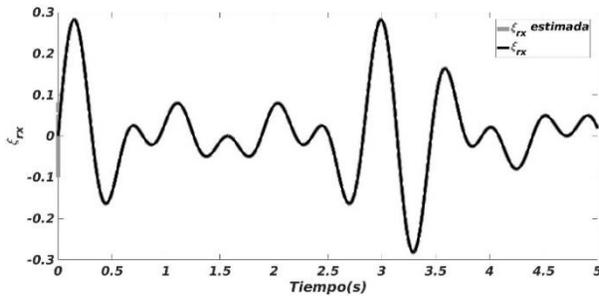


Figura 3 Disturbio en rotación en eje y

El error de la estimación de la perturbación externa se muestra en las figuras 3 y 4.

El observador de estado extendido es capaz de estimar disturbios endógenos y exógenos como dinámica no modelada.

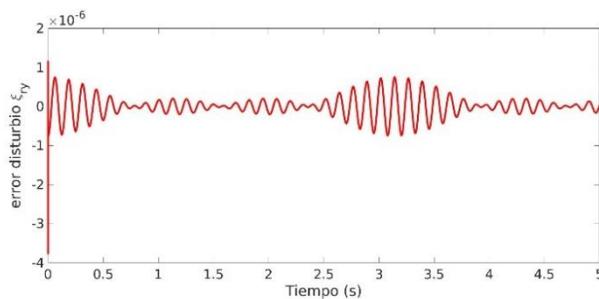


Figura 4 Error del disturbio en rotación en eje y

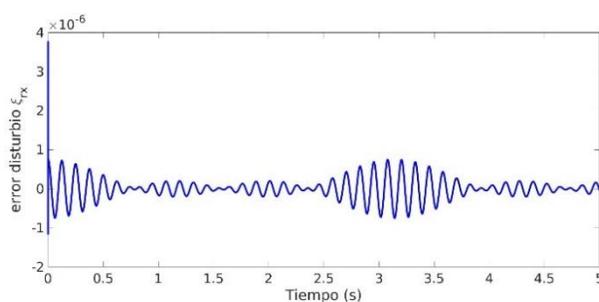


Figura 5 Error del disturbio en rotación en eje x

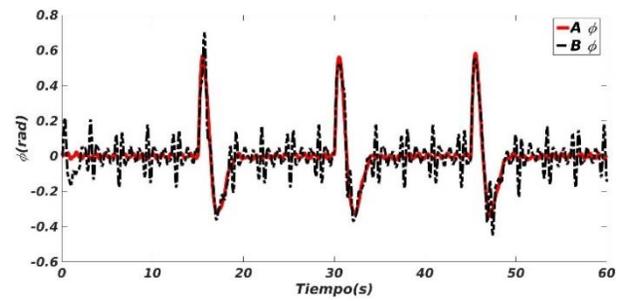


Figura 6 Evolución de la orientación del VANT parametrizada en ángulos de Euler ϕ

Definimos dos controladores para mostrar la robustez de la ley de control propuesta. El control A es el algoritmo propuesto con el observador de estado extendido y el control B es una alternativa que no contiene el observador de estado extendido.

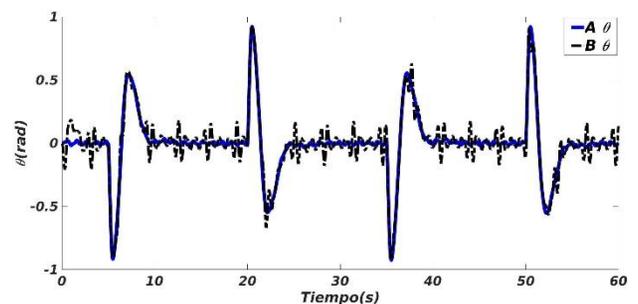


Figura 7 Evolución de la orientación del VANT parametrizada en ángulos de Euler θ

Las figuras 6 y 7 muestran la evolución de la orientación del VANT en ambos controladores A y B, en el algoritmo del control propuesto se muestra un rechazo a perturbaciones y una respuesta suave y es capaz de seguir trayectoria.

En el algoritmo B se muestra una respuesta oscilatoria debido a que no existe un mecanismo para detección de perturbaciones externas e internas.

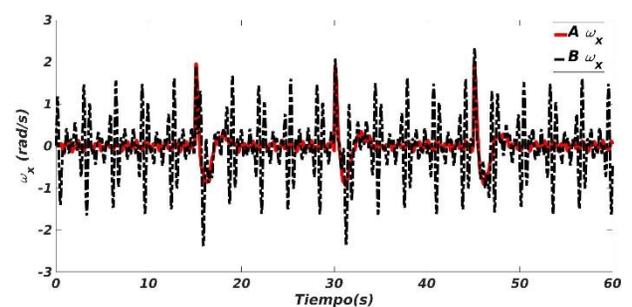


Figura 8 Evolución de la velocidad angular del VANT en el eje x

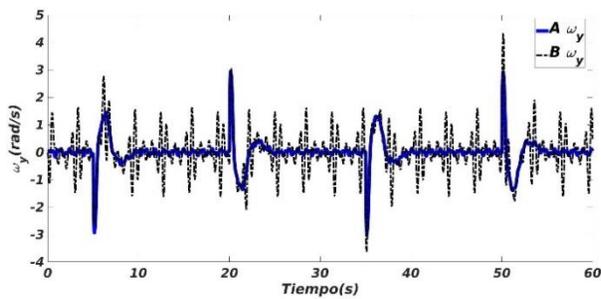


Figura 9 Evolución de la velocidad angular del VANT en el eje y

Las figuras 8 y 9 muestran la evolución de la velocidad angular (ω) en ambos controladores. Se observa una atenuación aproximadamente de 2 rad/seg , en el algoritmo del control A.

Conclusiones

El algoritmo de control muestra una respuesta suave, capaz de seguir trayectorias y rechazar perturbaciones endógenas y exógenas. Por su simplicidad, la estrategia de control puede ser implementada en sistemas computacionales de bajas prestaciones de procesamiento. El observador de estado extendido fue difícil de sintonizar debido a las altas ganancias que se necesitan para lograr la estimación de las variables deseadas.

Como trabajo futuro se pretende implementar el algoritmo propuesto empleando una plataforma computacional desarrollada dentro del mismo marco del proyecto basado en un microcontrolador ESP32 el cual es de bajo costo.

Referencias

- [1] S. Bouabdallah, A. Noth and R. Siegwart, "PID vs LQ control Techniques applied to indoor micro quadrotor." in *2004 IEEE / RSJ International Conferencia sobre Robots y Sistemas Inteligentes (IROS) (IEEE Cat. No 04CH37566)*, vol. 3, 2004, págs. 2451–2456 vol.3.
- [2] A. Tayebi and S. McGilvray, "Attitude stabilization of a vtol quadrotor aircraft," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 14, No. 3, pp. 562–571, 2006.

- [3] V. Mistler, A. Benallegue and NK M'Sirdi, "Exact linearization and noninteracting control of a 4 rotors helicopter via dynamic feedback" in *Proceeding 10th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive communication*. ROMAN 2001 (Cat. No 01TH8591), 2001, pp. 586–593

- [4] A. Castillo, R. Sanz, P. García, W. Qiu, H. Wang y C. Xu, "Disturbance observer-based quadrotor attitude tracking control for aggressive maneuvers" *Control Engineering Practice*, vol. 82, pp.14–23 de 2019. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096706611830563X>

- [5] DJ Almahles, "Robust backstepping sliding mode control for a quadrotor trajectory application" *IEEE, Access* vol. 8, pp.5515–5525, 2020.

- [6] A. L'Afflitto, RB Anderson and K. Mohammadi, "An introduction to nonlinear robust control for unmanned quadrotor aircraft: How to design control algorithms for quadrotors using sliding mode control and adaptive control techniques [focus on education]" *Control IEEE Control Systems Magazine*, vol. 38, no. 3, págs.102-121, 2018.

- [7] MD Shuster, "A survey of attitude representations" *Navigation*, vol. 8, No. 9, pp. 439-517, 1993.

- [8] R. Schlanbusch, A. Loria and PJ Nicklasson, "On the stability and stabilization of quaternion equilibria of rigid bodies," *Automatica*, vol. 48, no. 12, pp. 3135–3141, 2012.

- [9] JF Guerrero-Castellanos, N. Marchand, A. Hably, S. Lesecq and J. Delamare, "Bounded attitude control of rigid bodies: Real Time experimentation to a quadrotor mini-helicopter", *Control Engineering Practice*, vol. 19, no. 8, pp. 790–797, 20.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Simulación Computacional. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

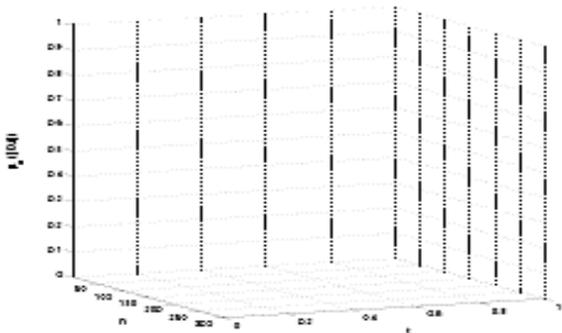


Gráfico 1 Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

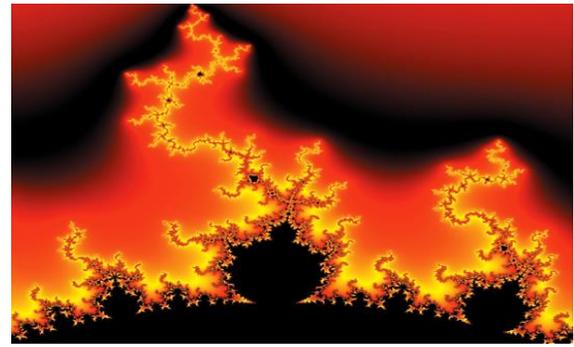


Figura 1 Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Simulación Computacional se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Simulación Computacional emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Simulación Computacional, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

QUINTANILLA - CÓNDOR, Cerapi

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Taiwan), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

Revista de Simulación Computacional

“Modelos de simulación computarizados aplicados a las prácticas tradicionales pesqueras de los huaves en San Francisco del Mar, Oaxaca”

BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ROJAS-SANTOS, Guadalupe, CASTRO-CASTRO, Salvador Patricio y GALEANA-CORTAZAR, Ángel Roberto

Instituto Tecnológico de Pochutla

“Poisson para tasa de defectos en construcción de software”

LÓPEZ-PADILLA, Gilberto, SORIA-GARCÍA, Myriam y SANTOS-POMPA, Diego Marcelo

Universidad Tecnológica de León

“Sistema de información para la caracterización de imágenes de desgaste en álabes de rotor de una turbina de gas”

VILLAGRÁN-VILLEGAS, Luz Yazmín, PATIÑO-ORTIZ, Miguel, HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Luis Héctor y VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Víctor

Instituto Politécnico Nacional

Universidad Veracruzana

“Control robusto de la actitud para el seguimiento de trayectoria de un VANT”

DÍAZ-TELLEZ, Juan, ESTEVEZ-CARREÓN, Jaime, SILVA-JUÁREZ, Alejandro y GARCÍA-RAMÍREZ, Rubén Senén

Instituto Tecnológico de Puebla

Universidad Tecnológica de Puebla

