

REBI

REVISTA BOLIVIANA DE INGENIERÍA

VOLUMEN 3 NÚMERO 1
ENERO - JUNIO 2021

ISSN: 2710-0901
ISSN-L: 2710-0901



RELIN
EDITORIAL

REBI

REVISTA BOLIVIANA
DE INGENIERÍA

VOLUMEN 3 NÚMERO 1
ENERO - JUNIO 2021

ISSN: 2710-0901
ISSN-L: 2710-0901



RELIN
EDITORIAL

EQUIPO EDITORIAL

Editor
Ing. Guido Rosales Uriona
Yanapti SRL, Bolivia

CONSEJO EDITORIAL

MSc. Jorge Antonio Molina Galván
Universidad Privada Boliviana, Bolivia

Phd. Gustavo Alonso Acosta Amaya
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Colombia

Dr. César Augusto Quinayás Burgos
Universidad Antonio Nariño, Colombia

COMITÉ CIENTÍFICO

Ing. Vladimir Rejas Heredia
Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca,
Bolivia

MSc. Rubén Iván Bolaños
Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

MSc. Gustavo Gabriel Molina Garzón
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Ecuador

MSc. Catalina Margarita Verdugo Bernal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

COMITÉ EVALUADOR

Ing. Alejandro Gustavo Colque Romero
Universidad Privada Boliviana, Bolivia

MSc. .Luis Leonardo Camargo Ariza
Universidad de Magdalena, Colombia

MSc. Yolanda Mariana García Carranza
Instituto Tecnológico Superior de Guayaquil, Ecuador

MSc. María Isabel Bastidas Andrade
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Equipo Técnico

Diseñadora
Lic. Betsabe Pari Quiñones

Diagramadora
Lic. Alba Gil

Traductor
Dr. Emilio Arévalo

Soporte
Ing. Freddy Sánchez

Enfoque y Alcance

La revista REBI Revista Boliviana de Ingeniería tiene como objetivo la difusión de resultados originales e inéditos de las investigaciones realizadas en las áreas de la ingeniería, tecnología y sus áreas afines, realizadas por profesores, profesionales y estudiantes y que proporcionan una eminente contribución al conocimiento científico y tecnológico. Esta difusión cuenta del avance y estado del conocimiento en estas áreas y busca, entre otros aspectos, su adecuado resguardo.

REBI es arbitrada bajo la modalidad doble ciego y está patrocinada y editada por la Editorial RELIN. Es publicada cada seis (6) meses, para un total de dos (2) números al año, iniciando su primer volumen en julio del 2019. El público objetivo de la revista es principalmente la comunidad académica y de investigación, en Bolivia, América Latina y el mundo.

Políticas Editoriales

REBI es una publicación periódica para la difusión de trabajos originales e inéditos en las distintas áreas de la ingeniería, tecnología y afines.

REBI publica artículos, notas técnicas y de transferencia tecnológica, ensayos y comunicaciones originales en las áreas de la ingeniería, tecnología y afines. Estos pueden ser escritos en idioma español o inglés. Adicionalmente, incluye secciones no arbitradas tales como Editorial, Cartas al Editor, revisiones de libros, reseña de eventos y noticias de interés. La presentación de artículos para su publicación en la revista no tiene ningún costo.

Los manuscritos deben presentar información original en al menos 75% de su contenido. Estos no deben haber sido publicados, ni estar en proceso de evaluación o publicación por escrito en ningún otro medio (impreso o digital), ni en ningún otro idioma. Deberán presentar información original e inédita en cualquiera de las áreas que abarca la revista, así como reportar resultados de estudios que fomenten el análisis y diseño de nuevos trabajos relacionados.

Todo el material sometido a REBI para su publicación será sometido a arbitraje por pares especialistas sus respectivas áreas, es decir, serán sometidos al proceso de evaluación por pares a doble ciego para verificar su calidad.

Los artículos y sus opiniones son responsabilidad de sus autores y no de REBI, ni de la revista o de las Instituciones a la cual pertenece.

Política de acceso abierto

Todos los manuscritos publicados son de acceso abierto y se distribuyen amparados bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Derechos de autor y publicación

En el momento de ser aceptado el artículo para ser publicado en la REBI, los autores declaran en un formato de compromiso, emitido por la editorial, en el que ceden los derechos de divulgación para su publicación y reproducción. Así mismo el autor debe haber obtenido formalmente en documento, los permisos de reproducción de todos los materiales empleados en la investigación que estén protegidos. Además de eso, se debe identificar y destacar cada labor que cumplan los participantes involucrados en la investigación y desarrollo del artículo, a fin de respetar los méritos a sus aportes.

Principios éticos y buenas prácticas

La revista REBI se apega a los lineamientos y códigos del *Committee on Publication Ethics* (COPE, http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf) y a las normas bolivianas que están relacionadas con la investigación científica y los derechos de autor para publicaciones.

Por tal razón, se encarga de velar que toda la información suministrada en los artículos, por parte del investigador, sea veraz, concisa y novedosa. Por otro lado, también se interesa en mantener los derechos de los participantes directos e indirectos en todo el proceso de creación del manuscrito y hace obligatoria la mención en citas y bibliografía de ellos.

A continuación se enumeran algunas prácticas aceptadas por la revista, para evitar incurrir en faltas al momento de enviar sus manuscritos:

1. Es indispensable que los investigadores respeten las directrices formales otorgadas por la Revista para dar forma y estilo al artículo.
2. Los autores tienen que tener noción clara de las normas que protegen la propiedad intelectual y de las consecuencias que su infracción acarrea.
3. Crear investigaciones veraces, claras y honestas, sin alteraciones de datos e información.
4. Informar al grupo editorial del RELIN, si fuese el caso, que el manuscrito pertenece a una línea de investigación específica, si es continuidad de otro ya publicado por el autor o, en su defecto, indicar las diferencias entre ellos, para no replicar la información.
5. Al momento de presentar el trabajo al Comité de Redacción, destacar el carácter original e inédito del mismo, sobre todo en los casos en que dicho trabajo se circunscribe a una línea de investigación desarrollada por el autor.

6. Citar trabajos propios que pertenecen a la misma línea de investigación para expresar avances logrados por el autor en sus investigaciones.

Exigencia de originalidad

Es indispensable para la revista que se manejen siempre, todos los procesos editoriales para la publicación de los artículos, de manera objetiva y clara, por lo que se exige a todos los autores que este sea original y no mantenga nexos ni este postulado para publicar en otras Revistas.

Antiplagio

La omisión de datos de información empleada por el autor en su artículo, en el listado de bibliografía y citas es considerada plagio. El uso de investigación ya publicada por el mismo autor en otras editoriales es calificado por la revista como un autoplagio. Por lo que los autores deben mantener una posición ética de respeto a las autorías ajenas y a las normas de REBI (publica sólo trabajos inéditos).

Visibilidad y Financiamiento

La REBI es respaldada y financiada por la Editorial RELIN y publicada bajo la licencia Creative Commons. Los datos personales de los autores y revisores como nombres, direcciones postales y de correo electrónico y números telefónicos, entre otros, serán utilizados únicamente para fines editoriales de REBI. No serán suministrados a personas ajenas al proceso editorial, además que toda la publicación del artículo la podrá visualizar cualquier persona interesada en el tema.

Archivado

Los artículos son alojados en el sistema de información *Open Journal System* (OJS) y en el repositorio de la Editorial RELIN, para su respectivo resguardo.

Proceso de evaluación por pares

Los manuscritos publicados por REBI son sometidos a un proceso estricto de evaluación por pares a doble ciegas, que consiste en:

- o El RELIN envía los artículos para revisión a dos (2) árbitros anónimos, expertos en el campo puntualizado en cada documento. Los revisores son profesionales o investigadores externos a la organización.
- o La evaluación de los trabajos deben estar basadas en las normas y criterios internacionales de calidad para publicación.
- o Los revisores tendrán 15 días, después de haberles entregado los artículos, para arrojar el veredicto.

- Al culminar la evaluación deberán informar mediante documento escrito y por correo electrónico a la editorial los resultados del arbitraje, siendo las alternativas, las siguientes: a) Artículo publicable, b) Artículo publicable con cambios y, finalmente, c) Artículo no publicable.
- Los resultados “b” y “c” deben estar fundamentados con sus razones y sugerencias.
- En caso de que los dos (2) revisores asignados no estén de acuerdo en los resultados, el RELIN asignará otro árbitro para ayudar a deliberar.
- Una vez sean aceptados los artículos para publicación, la editorial estipula el volumen y número de la revista donde serán expuestos.
- Los resultados de la evaluación serán informados a los autores vía correo electrónico.

Frecuencia de Publicación

La Revista REBI es pública cada seis (6) meses, para un total de dos (2) ejemplares al año, dentro de un volumen en los meses de enero y julio.

Normas de Entrega

Instrucciones para los autores:

Recepción de trabajos:

Todos los artículos enviados a la revista serán evaluados, en primera instancia, por el equipo editorial, quienes verifican que:

- El porcentaje de coincidencia con otros documentos publicados.
- El envío sea en el período correspondiente a la recepción de documentos.
- El tema sea acorde a la intensión de REBI.
- Cada trabajo tenga la presentación y forma adecuada al caso.

Envío del trabajo

El comité editorial hace anuncios dos (2) veces al año, en la página de la Editorial RELIN y de REBI y en sus redes sociales, de los períodos estipulados para la recepción de artículos.

Los autores tendrán que hacer sus envíos a través del portal o por correo electrónico que pone a disposición la revista para tal fin.

Cada artículo debe ir acompañado con síntesis curricular de cada autor participante, carta compromiso y declaración de conflictos, si fuese el caso.

Estructura de presentación de trabajos

Los trabajos deberán ser redactados en tercera persona, escritos a 1,5, en tamaño de hoja carta, con fuente *Times New Roman* 12, sin excederse de las 5.000 palabras y usando el procesador de textos de Microsoft Word.

Primera página

- **Título:** En español e inglés. Se sugiere, entre 10 y 14 palabras que se refieran al contenido de la investigación.
- **Autor (es):** Colocar primer nombre y los dos (2) apellidos (si es el caso) y máximo grado académico, de los autores.
- **Correo electrónico (s):** Apuntar la dirección del correo electrónico de cada autor.
-
- **Código ORCID:** Colocar el Código ORCID de cada autor a fin de identificar su producción científica.
- **Información de Institución:** Agregar el nombre completo de la institución en la que laboran los autores.
- **Resumen:** Entre 120 y 150 palabras que expresen claramente el problema, los procedimientos y resultados de la investigación. Debe estar español e inglés.
- **Palabras claves:** Agregar cinco (5) palabras en español e inglés que estén estrechamente vinculadas con el artículo.
- **Fuente de financiamiento:** Identificación de la institución que financió la investigación (código, acrónimo, o nombre).

Contenido del artículo

- **Introducción:** Explicación breve de la elección del tema y su importancia.
- **Metodología:** Descripción de cada paso dado en la investigación.
- **Resultados:** Explicar las consecuencias que ocasionó la investigación, se acepta el empleo de material gráfico que debe ir en la ubicación que corresponda e identificadas.
- **Discusión:** Se refiere a la interpretación de los resultados.
- **Conclusiones:** Mencionar los aportes de la investigación.

Citas y referencias

Las citas se harán en el contenido del artículo según su ubicación de mención y las referencias estarán ubicadas en la parte final del artículo. Tanto las citas como en las referencias deberán estar adaptadas a las normas APA. Ver ejemplos a continuación:

Citas

Libedinsky y Pitluk (2008) señalan que “desde siempre el docente satisface la función de enseñar y que ésta ha sido entendida en el Centro de Educación Inicial desde la socialización y el juego” (p.54)

Referencias bibliográficas

Ordenadas alfabéticamente según las normas APA:

- Carreño, J., Tello, R. y Veliz, E. (2009). El cosmos causal de alteraciones menstruales en adolescentes menores de quince años. *Medical data*, 8(2), 52-63. <http://dx.doi.org/10.16381/idata.v10i1.7234>
- Ruiz, E. (1999). *Curso de Lenguaje C*. Lima, Perú: Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM.

Contenido

Editorial

- Los cambios climáticos y la ciencia del clima. 9
 < **Ing. Guido Rosales Uriona**

INVESTIGACIONES

- El régimen diario del viento en la estación meteorológica de Santa Elena de Uairén (Venezuela). 10
The daily wind pattern at the Santa Elena de Uairén meteorological station (Venezuela).
 < **Sergio Foghin-Pillin**

- Evaluación y rediseño de sistemas de abastecimiento de agua potable. 28
Evaluation and redesign of drinking water supply networks.
 < **Yeferson Sergio Romero Nina**.....

- Experiencias didácticas para promover el aprendizaje de la ecología a través del trabajo de campo. 41
Didactic experiences to promote the learning of Ecology through field work.
 < **Antonio Vera**

- Importancia de la gestión de proyectos en la construcción civil de un teleférico. 59
Importance of project management in the civil construction of an urban cable transport system.
 < **Jorge Antonio Molina Galván**

- Consideraciones para el dimensionamiento de soluciones de Sistemas de Gestión de Edificios. 75
Considerations for sizing of the solutions for the Building Management System.
 < **Sergio Andrés Rossells Lovera**

- Sistema web de correspondencia para la gestión de documentación electrónica aplicando firma digital en los trámites del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, Bolivia 91
Correspondence web system for the management of electronic documentation applying digital signature in the procedures of the Municipal Autonomous Government of Entre Ríos, Bolivia.
 < **David Flores y Víctor Hugo Pérez Rojas**

- Currículo de autores**..... 118

Editorial

Ing. Guido Rosales Uriona
Editor de la Revista REBI
<https://doi.org/10.33996/rebi.v3i1.1>

Los cambios climáticos y su ciencia

Estimados lectores de la Revista REBI, para su Comité Editorial es un placer hacerles llegar este nuestro 5to número del volumen 3. El objeto de la Revista es ser un medio de difusión de los resultados originales e inéditos de las investigaciones realizadas por profesores, profesionales y estudiantes en las áreas de la ingeniería, tecnología y afines y que proporcionan una eminente contribución al conocimiento científico y tecnológico. Esta difusión cuenta el avance y estado del conocimiento y busca su divulgación y adecuado resguardo. Nuestros lectores y público al que destinamos la revista es principalmente la comunidad científica y académica en Bolivia, América Latina y el mundo.

Son indiscutibles e innumerables los efectos que vivimos producto de los cambios climáticos. El Grupo de Expertos en Cambios Climáticos (IPCC, por sus siglas en inglés) asevera que estos son inequívocos y producidos por la actividad del hombre. Esta conclusión se llega después de analizar los parámetros climáticos observables, entre estos, el incremento de la temperatura en la superficie y en la troposfera y del nivel del mar y, además, la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

La ciencia de los cambios climáticos no es más que aquel conocimiento que nos sirve para develar los efectos y proponer medidas de mitigación, que ayuden a que nuestros hijos tengan un futuro igual o mejor que el que vivimos actualmente. La pérdida de las nieves y el hielo, especies en peligro de extinción, potenciales impactos en las condiciones climáticas naturales y muchos otros son los efectos destacables. Sus causas se atribuyen a la actividad del hombre, como el consumo de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, el transporte y la actividad industrial, además de la deforestación. Nosotros diariamente podemos contribuir a la desaceleración de las emisiones y de estos efectos, consumiendo productos locales, caminando y haciendo uso racional de los recursos que día a día nos brinda la naturaleza. Nuestros hijos merecen vivir un futuro mejor, nuestro futuro común.

En este número usted encontrará seis (6) artículos que incluyen la caracterización de los parámetros del viento, el rediseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y las experiencias para promover el aprendizaje de la ecología, que nos hacen pensar en el clima y las acciones del hombre para mejorar su calidad de vida. Además, la gestión de proyectos en la construcción civil de un Teleférico y sistemas de gestión de edificios que garantizan el confort de las sociedades y sus habitantes. Finalmente, se incluye un artículo sobre la gestión de



El régimen diario del viento en la estación meteorológica de Santa Elena de Uairén (Venezuela)

The daily wind pattern at the Santa Elena de Uairén meteorological station (Venezuela)

Sergio Foghin-Pillin

sfoghin@hotmail.com

Código ORCID: 0000-0003-3690-8195

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

◀ Artículo recibido en septiembre 2020

◀ Arbitrado en octubre 2020

◀ Publicado en enero 2021

Resumen

En este trabajo se rescatan los registros anemométricos horarios de la estación meteorológica de Santa Elena de Uairén, correspondientes a la serie temporal 1982-1991, los cuales no se encuentran digitalizados. Con base en dichos datos se describen las variaciones horarias de la velocidad y dirección del viento a lo largo del año. Se comparan las condiciones de la serie 1982-1991 con algunas características de la circulación local del viento en el antiguo emplazamiento de la estación, basadas en la serie temporal 1971-1980. Se evidencian diferencias significativas entre ambos emplazamientos. Se interpretan las variaciones diarias del viento en el marco de las condiciones topográficas locales. Se resalta la urgencia de la recuperación de los registros climatológicos no digitalizados y la importancia de los estudios de las variaciones horarias de la dirección y velocidad del viento, para diferentes aplicaciones en ingeniería y ciencias ambientales.

Palabras clave: Meteorología, registros anemométricos, vientos locales, velocidad del viento, dirección del viento

Abstract

In this work, the hourly anemometric records of the Santa Elena de Uairén weather station, corresponding to the 1982-1991 time series, which are not digitized, are rescued. Based on these data, the hourly variations in wind speed and direction throughout the year are described. The conditions of the 1982-1991 series are compared with some characteristics of the local wind circulation at the former site of the station, based on the 1971-1980 time series. Significant differences are evident between both sites. The daily variations of the wind are interpreted within the framework of local topographic conditions. The urgency of the recovery of the non-digitized climatological records and the importance of studies of the hourly variations of wind direction and speed for different applications in engineering and environmental sciences are highlighted.

Keywords: Meteorology, anemometric records, local winds, wind speed, wind direction

INTRODUCCIÓN

El análisis climatológico de los regímenes anemométricos diarios, presenta interés por cuanto permite conocer la evolución horaria de las curvas de velocidad y las variaciones que pueden ocurrir en la dirección del viento a lo largo del día y durante el año, incluyendo las condiciones de calma. Los resultados de tales análisis pueden presentarse por medio de polígonos, rosas de viento o simples curvas y tablas de datos. Estos registros permiten identificar y caracterizar sistemas de vientos locales, de ciclo diario, como las brisas de mar-tierra (Miller, Keim, Talbot y Mao, 2003; Simpson, 1994), en regiones litorales, y las brisas de valle-montaña, en áreas con relieve montañoso (Barry, 1992; Serafin y Zardi, 2010).

Estas circulaciones locales han sido poco investigadas en el territorio venezolano, aunque revisten notable importancia en los estudios de impacto ambiental requeridos en diferentes áreas de la ingeniería, para la estimación de tasas de erosión y de evapotranspiración, así como para el desarrollo de complejos industriales que generen contaminantes, tanto gaseosos como particulados (petroquímicas, cementeras), especialmente para el cálculo de la altura de chimeneas - conjuntamente con la estratificación térmica de la capa límite-, horarios de descargas a la atmosfera (inmisiones), a la vez que para la localización de rellenos sanitarios u otras actividades que puedan generar olores

desagradables, tales como granjas avícolas y porcinas, entre otras (Henry y Heinke, 1999).

A escala local, los patrones diarios de circulación atmosférica también son importantes en el diseño de sistemas de ventilación, aprovechamiento de fuentes de energía renovables, diseño y orientación de pistas de aterrizaje, así como otras aplicaciones ingenieriles y arquitectónicas (Jiménez, González-Rouco, Montávez, García-Bustamante y Navarro, 2009).

Los vientos locales de ciclo diario influyen así mismo en la dispersión de semillas de especies anemocóricas (Escobar, Silveira y Morellato, 2018), microorganismos potencialmente patógenos, como bacterias y virus (Burnet y White, 1982; Hospodowsky *et al.*, 2012), así como esporas y polen, los cuales pueden constituir factores alérgicos (Benaim-Pinto, 1972; Ezike, Nnamani, Ogundipe y Adekanmbi, 2016), además de otros aerosoles contaminantes (Hafner y Hites, 2006; Simpson, 1994).

Por otra parte, la recuperación de series de datos de décadas pasadas, frecuentemente no digitalizadas, permitirá futuras comparaciones en investigaciones sobre las posibles alteraciones derivadas del cambio climático global (Pino y Espinosa, 2001), las cuales podrían convertirse en factores de interés ecológico (Kaczmarek *et al.*, 2016).

Específicamente en el caso de la ciudad de Santa Elena de Uairén, la expansión que actualmente

experimenta el centro poblado hacia el sur de su emplazamiento original, a lo largo del curso del río Uairén y hacia el área del aeropuerto, donde se localiza la estación meteorológica, incrementa el interés de este tipo de estudios

ambientales por las posibles alteraciones que podría generar sobre la circulación local, efectos que han sido evidenciados en investigaciones efectuadas en otros países (Kitada, Okamura y Tanaka, 1998).

La mencionada población, capital del municipio Gran Sabana del estado Bolívar, se localiza al sureste de Venezuela, en la provincia fisiográfica de la Guayana venezolana, ramal del Usari-Uará de la región de la Sierra de Pacaraima (Freile, 1962). La localidad dista unos 20 kilómetros de la línea limítrofe con Brasil (Figura 1).

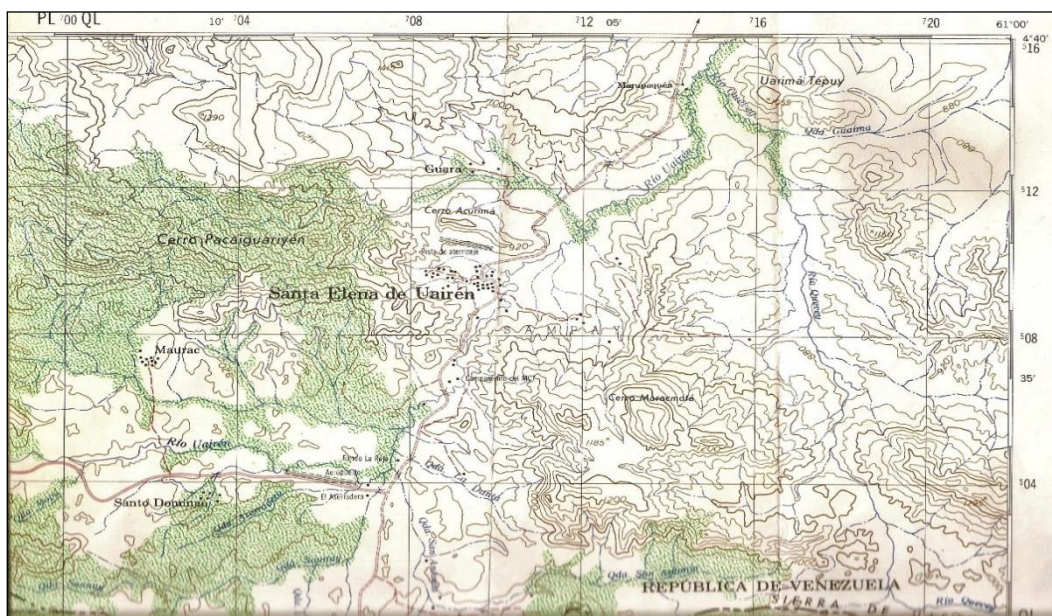


Figura 1. Fragmento del mapa topográfico a escala 1:100.000, de Santa Elena de Uairén, estado Bolívar, Venezuela (Dirección de Cartografía Nacional, 1977). El aeropuerto se observa al SSW de la población de S. Elena, próximo a la confluencia de la quebrada Aserradero y el río Uairén.

La geología regional está conformada por las secuencias de rocas sedimentarias precámbricas, pertenecientes a la Formación Roraima, las cuales afloran en la orografía local, mientras que en las márgenes de los cursos de agua aparecen los depósitos de aluviones cuaternarios (Schubert y Huber, 1989). El área pertenece a la cuenca alta del río Caroní, del cual es afluente el río Cuquenán, que a su vez recibe las aguas del río Uairén, en cuyo curso medio se encuentra ubicada la estación meteorológica sinóptica de Santa Elena.

Según las normales climatológicas del lapso 1961-1990, de la misma estación (SMFAV, 1993), la temperatura media anual es de 21,4 °C, mientras que las medias térmicas anuales máxima y mínima son de 28,1 °C y 16,6 °C, respectivamente. El monto pluviométrico anual promedia 1.694 milímetros y la evaporación media anual alcanza los 862 milímetros, presentándose déficit de humedad solamente durante los meses de enero a marzo.

La estación meteorológica de Santa Elena de Uairén está identificada con el serial internacional 80462. Fue fundada como estación climatológica en 1940 y posteriormente reclasificada como estación sinóptica a partir de agosto de 1949, en las coordenadas: latitud 4°36'09"N; longitud 61°06'57"W; altitud 907 m/nm, aproximadamente. En 1981 fue reubicada en predios del aeropuerto, en las coordenadas: latitud 4°33'05"N; longitud 61°08'21"W; altitud

896 m/nm, adyacente al extremo sureste de la pista de aterrizaje, donde se encuentra hasta el presente, distante unos 6,5 kilómetros al SSW de su antigua localización, en el centro del poblado.

La estación meteorológica actual se encuentra en una posición de valle amplio, emplazada sobre la margen derecha del río Uairén, rodeada de montañas distantes unos 6-7 kilómetros hacia el norte, este y sur (Sierra de Pacaraima). Las mayores elevaciones se encuentran al oriente de la estación, con altitudes que superan los 1.300 metros en los relieves tabulares del cerro Maracmotá. Hacia el oeste se extiende el valle alto del río Uairén, con altitudes entre 900 y 1.000 metros, aproximadamente (Figura 1).

En su anterior ubicación, la estación se encontraba a unos 1.400 metros al sur del cerro Akurimá, de poco más de mil metros de altitud, a un kilómetro aproximadamente de las estribaciones orientales del cerro Pacaiguariyén, que rodean el centro de la población por el noroeste, oeste y suroeste. Hacia el sureste del antiguo emplazamiento se levanta el cerro Maracmotá, ya mencionado, mientras que hacia el noreste se abre el curso bajo del río Uairén (Figura 1).

Con base en las características expuestas, el objetivo de la presente investigación se centró en calcular y describir las variaciones diarias de la dirección y velocidad del viento, así como los porcentajes de calmas mensuales (enero, abril, julio y septiembre), a partir de la serie de

registros del período 1982-1991, para comparar, en líneas generales, dichas condiciones con los resultados obtenidos en una anterior investigación (Foghin-Pillin y Reyes, 1997), en la cual se analizaron los registros de la serie 1971-1980, datos procedentes de la estación de Santa Elena de Uairén en su antigua localización, antes descrita, en pleno casco urbano del centro poblado.

En la investigación se planteó así mismo el propósito de rescatar los registros anemométricos de la serie 1982-1991, datos que no se encuentran digitalizados, motivo por el cual su preservación podría verse comprometida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados en esta investigación se obtuvieron de las formas 0027 de registros mensuales del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana (SMFAV), en las que aparecen asentadas manualmente, por días y por horas, las observaciones de dirección (grados acimutales) y velocidad del viento (metros por segundo) de la estación de Santa Elena de Uairén, ambas variables obtenidas de la evaluación de las bandas registradoras diarias del anemocinómetro o anemógrafo universal (Figura 2). Dicha información, como se ha apuntado, no se encuentra respaldada en soportes electrónicos y reposa en los archivos de la Sección de Climatología del SMFAV (Base Sucre, Maracay, estado Aragua).

Se computaron los datos de 120 formas SMFAV-0027, correspondientes a los doce meses de los años desde 1982 a 1991. El criterio aplicado para seleccionar dicho período se basó en la disponibilidad y la calidad relativa de los registros, ya que en esta serie temporal sólo aparecen como faltantes los registros de velocidad del viento del mes de noviembre de 1986 y los registros de dirección de febrero de 1982 y enero de 1986. Por otra parte, la década en cuestión es la primera obtenida tras el cambio de ubicación de la estación.

Se consideraron las faltas señaladas para los cálculos de las velocidades medias respectivas y no se aplicó ninguna técnica de recuperación de datos faltantes, por considerarse que no afectan significativamente los resultados (Barros y Schmidt, 1988; Guevara, 1987). Se calcularon las velocidades medias horarias (media aritmética de las 00 a las 24) para cada mes e igualmente se computaron las direcciones prevalecientes para cada hora, seleccionándose la dirección o direcciones que presentan la mayor frecuencia. Se calcularon también los porcentajes medios de calma para los meses de enero, abril, julio y septiembre.

Se describen los resultados de las variaciones mensuales de velocidades medias y direcciones por horas, y se presentan las curvas horarias de velocidad para cada mes y para los promedios anuales



Figura 2. Vista del anemógrafo universal de la estación meteorológica sinóptica de Santa Elena de Uairén. Al fondo, en dirección este, se levantan las estribaciones occidentales del cerro Maracmotá, distantes unos cinco kilómetros. (Fotografía: V. M. Reyes, 2007).

RESULTADOS

Seguidamente, se describen la curva anual y las curvas mensuales de variación de la velocidad media horaria del viento en la estación de Santa Elena de Uairén, para el período 1982-1990. Del mismo modo, se describen las variaciones horarias de la dirección prevaleciente del viento.

Variaciones de la velocidad media horaria del viento

Variación de la velocidad media horaria de la década (1982-1991)

Para la variación media horaria de la velocidad del viento durante el lapso 1982-1991 (ver Figura 3) el análisis de los datos revela una curva en forma de campana simétrica, la cual alcanza su culminación a las 14 horas (Hora Legal Venezolana = HLV), con una velocidad media de 3,5 m/s. La variación de la velocidad media es casi nula entre las 20 HLV y las 08 HLV, con valores cercanos a 1,0 m/s, presentando luego un gradiente fuerte

hasta la hora de culminación y luego descender con pendiente igualmente acusada hasta las 19 HLV. La amplitud de la curva es de 2,7 m/s.

Cabe destacar que esta onda diaria media es bastante similar, en su forma, a las de otras estaciones

localizadas en diferentes regiones del territorio venezolano (Mene Grande, Maiquetía, Barcelona), aunque los valores medios y las amplitudes varían notablemente de región a región, como resulta esperable (Foghin-Pillin, 2002).

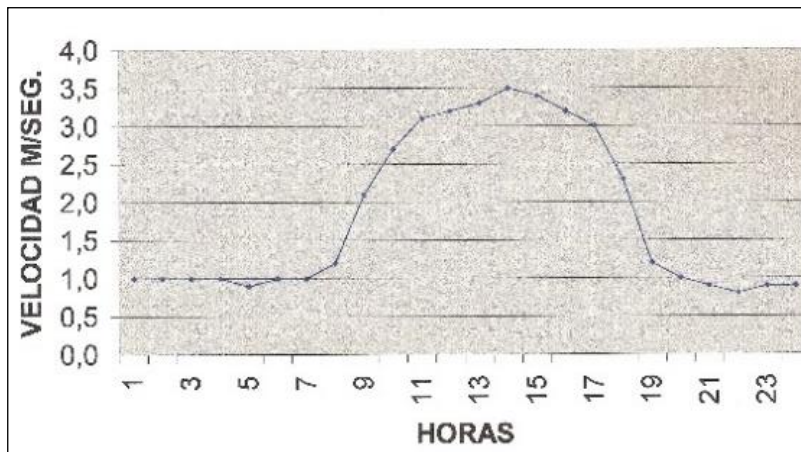


Figura 3. Variación media horaria-anual de la velocidad del viento 1982-1991. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de enero (1982-1991)

Esta onda alcanza una primera culminación a las 11 HLV, con 3,2 m/s y

una segunda, con los mismos valores, a las 14-15 HLV, separadas por leve flexión a las 12-13. El rango medio de la curva para el mes de enero es de 2,1 m/s. (Figura 4).

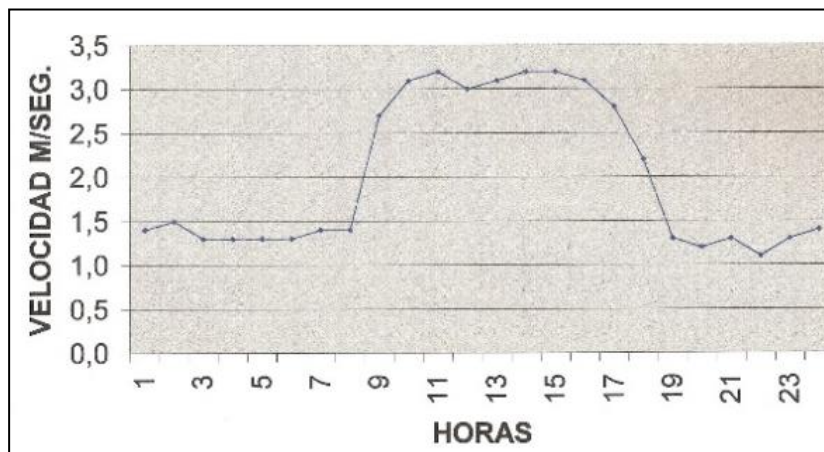


Figura 4. Variación horaria de la velocidad del viento en el mes de enero.. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de febrero (1982-1991)

La curva de velocidad media horaria de febrero presenta una primera cúspide a la 10-11 HLV, con medias de 3,2 m/s, seguida de una flexión que alcanza los 2,9 m/s, para

alcanzar la máxima principal a las 14 HLV con 3,3 m/s y última cúspide a las 17 HLV, tras la cual la curva alcanza abruptamente 1,5 m/s en sólo dos horas. El ascenso matutino ocurre igualmente con una fuerte pendiente que pasa de 1,6 a 3,0 m/s de las 8 a las 9 HLV. (Figura 5).

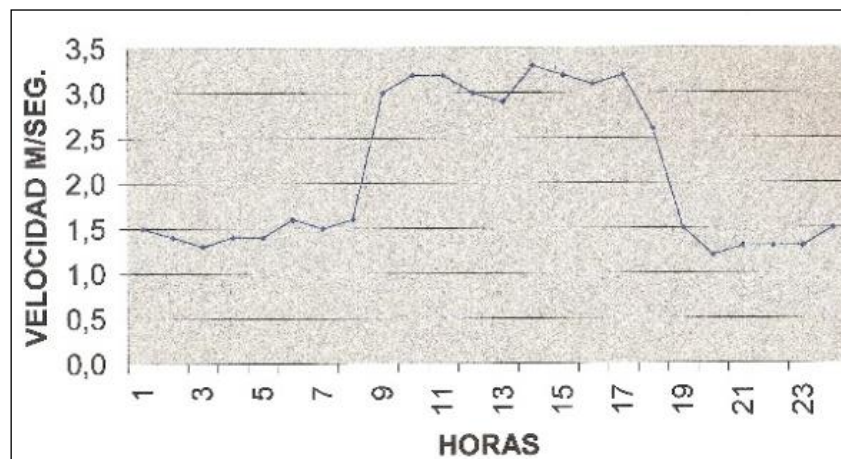


Figura 5. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de febrero. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de marzo (1982-1991)

La onda de velocidad media horaria del mes de marzo presenta una amplitud de 1,8 m/s, con mínimas a las 06 y a las 20 HLV y una cúspide que

alcanza los 3,3 m/s a las 11 HLV. Destaca la meseta de las 14 a las 17, con 3.1 m/s tras una ligera flexión a las 13 HLV (Figura 6). La curva presenta gradientes fuertes en el ascenso entre las 08 y las 09 HLV, igual que en el descenso entre las 18 y las 20 HLV.

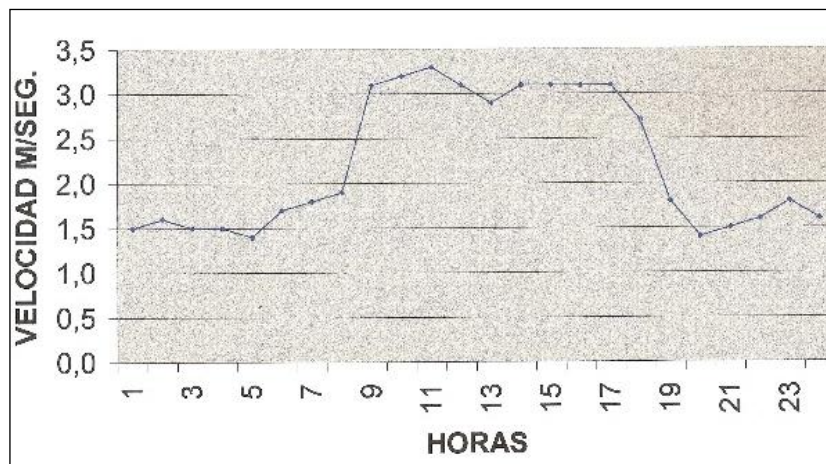


Figura 6. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de marzo. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de abril (1982-1991)

La curva del mes de abril muestra una primera cúspide a las 12 HLV, con un valor medio de 3,1 m/s, seguida de una leve flexión y luego la máxima del día, con 3,4 m/s a las 14-15 HLV, para

luego iniciar el descenso con pendiente fuerte sobre todo desde las 18 hasta concluir el ciclo, con valores que se mantienen siempre por encima de 1,0 m/s. La pendiente de la curva en su segmento matutino es máxima entre las 8 y las 09 HLV. (Figura 7).

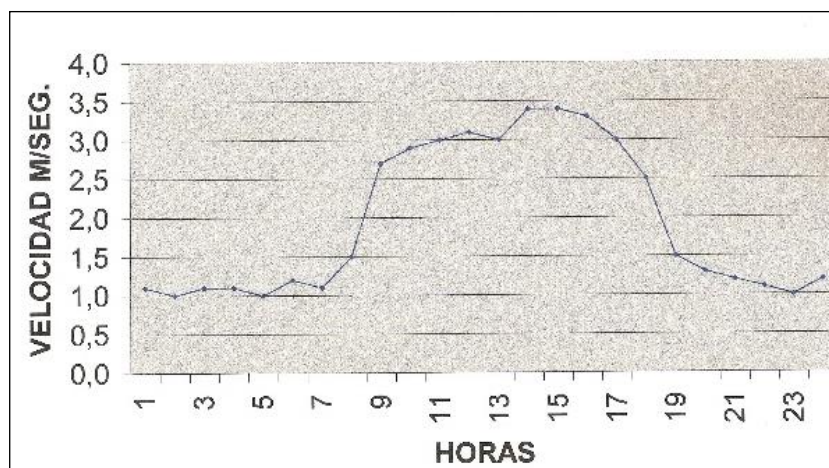


Figura 7. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de abril. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de mayo (1982-1991)

La curva horaria media del mes de mayo asume una forma más regular que las anteriormente descritas, por

cuanto no presenta la flexión de las horas centrales, lo cual constituye una diferencia significativa sumada al pico de mayor velocidad que en este mes ocurre a las 14 HLV con un valor medio

de 3,7 m/s. Los menores valores, de 0,7-0,9 m/s, entre las 23 y las 07 HLV, determinan también que esta curva

presente mayor amplitud que las anteriores, con un rango diario medio de 3,0 m/s. (Figura 8).

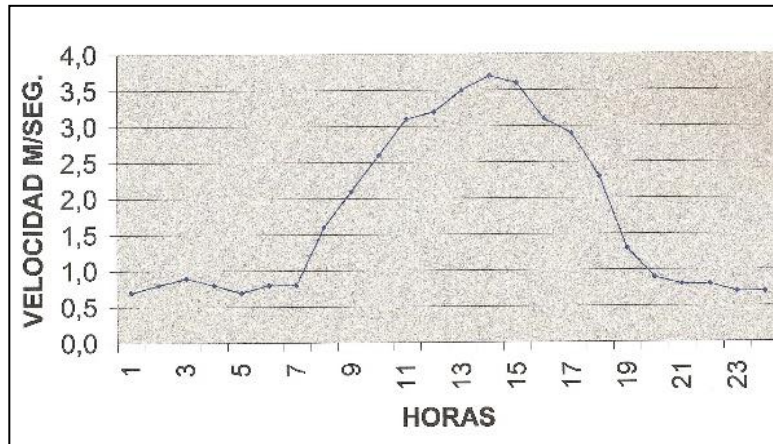


Figura 8. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de mayo. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de junio (1982-1991)

Tras un rápido ascenso de la velocidad media entre las 08 y las 11 HLV, con valores que pasan de 0,8 a 3,2 m/s, la curva correspondiente al mes de julio vuelve a mostrar una inflexión, aunque de sólo 1,0 m/s a las

12 HLV, para culminar a las 14 HLV con un valor medio de 3,8 m/s, para luego alcanzar los mínimos valores medios desde las 23 hasta las 01 HLV, determinando una amplitud diaria media de 3,2 m/s, que representa el mayor rango desde enero. (Figura 9).

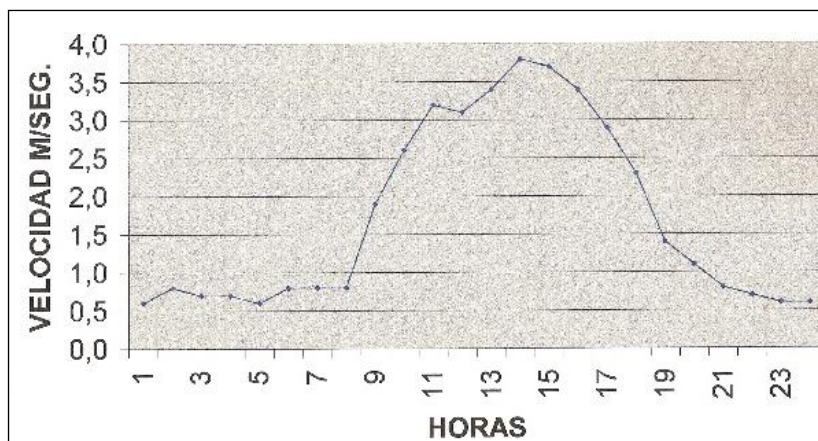


Figura 9. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de junio. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de julio (1982-1991)

La curva del mes de julio describe una campana notablemente simétrica en las horas centrales del día, entre las

08 y las 21 HLV. El rango diario medio es de 3,1 m/s. Destaca la variación gradual entre las 11 y las 16 HLV. (Figura 10).

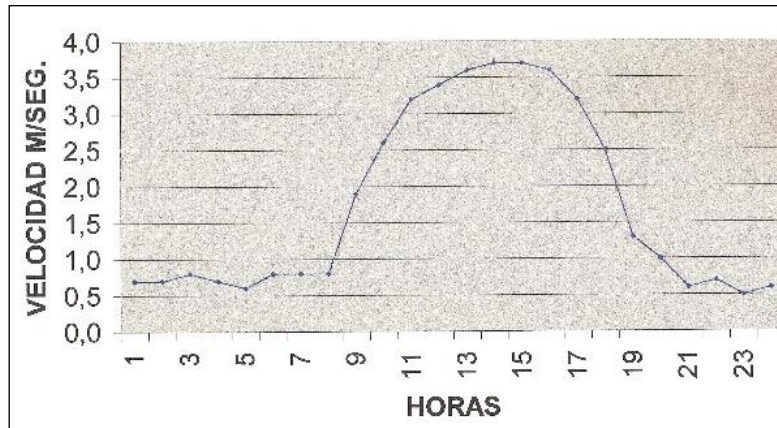


Figura 10. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de julio. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de agosto (1982-1991)

Similarmente al caso del mes anterior, agosto muestra una curva de velocidad media notablemente

regular, aunque con un rango diario poco mayor, que promedia 3,2 m/s, entre la máxima velocidad media, de 3,7 m/s, a las 14 y 15 HLV, y la mínima velocidad media a las 24 HLV, con 0,5 m/s. (Figura 11).

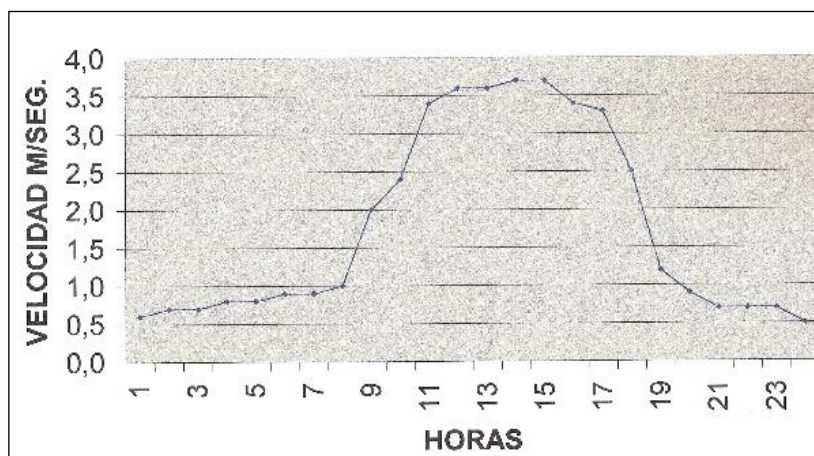


Figura 11. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de agosto. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de septiembre (1982-1991)

Los valores medios de la curva del mes de septiembre parten de una mínima de 0,7 m/s hasta la culminación de las 13 a las 15 HLV, con

3,7 m/s. También en este caso la forma de la campana es notablemente regular. Similarmente a la mayor parte de los meses anteriores, se observa un leve aumento aislado hacia el final del ciclo diario (Figura 12).

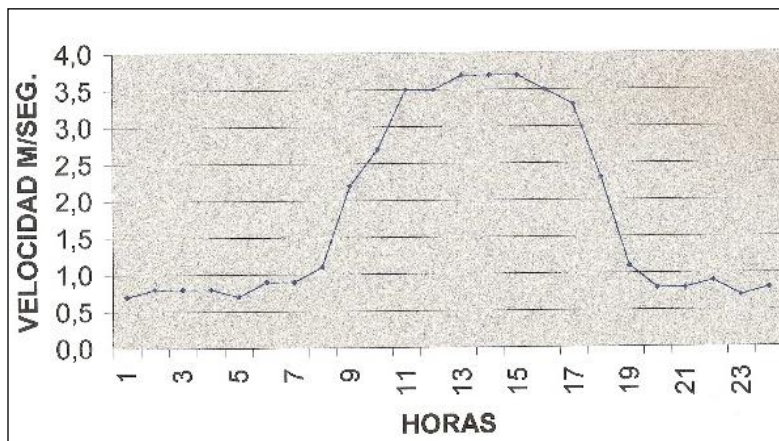


Figura 12. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de septiembre. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de octubre (1982-1991)

La curva del mes de octubre muestra una forma de campana regular, interrumpida por un descenso de 0,1 m/s a las 10 HLV. Esta particularidad se interpreta como un posible error en la transcripción de los

datos de las bandas a la forma 0027, rasgo que debería revisarse en caso de que se pudiese tener acceso a los registros originales. El rango de la curva es de 3,1 m/s y resalta la velocidad media sostenida de 3,9 m/s a las 13-14 HLV, valor que resulta el mayor promediado a lo largo del año. (Figura 13).

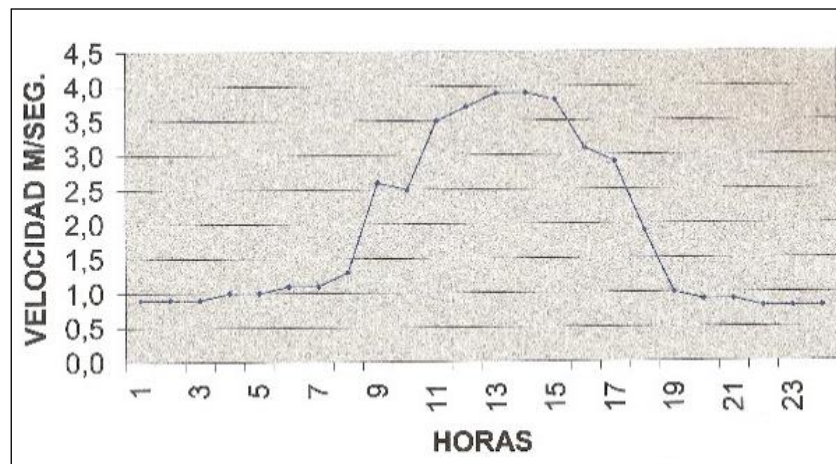


Figura 13. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de octubre. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de noviembre (1982-1991)

El rango de la curva del mes de noviembre es de 3, 1 m/s, con una

máxima destacada a las 14 HLV y una mínima a las 20 HLV, trazos que conforma una de los regímenes horarios más regulares del año (Figura 14).

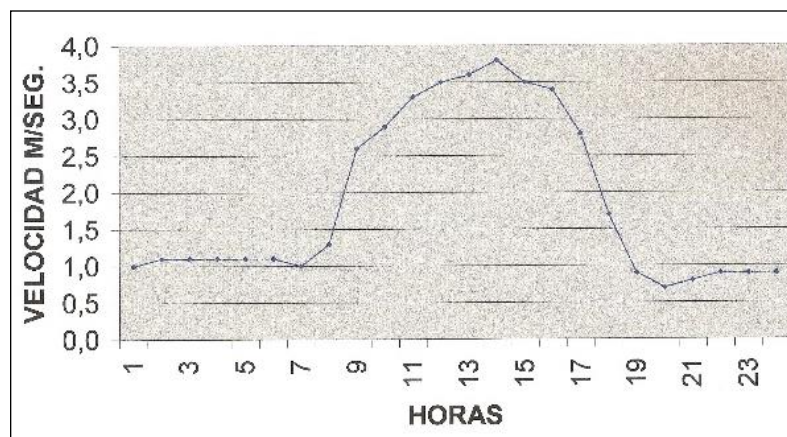


Figura 14. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de noviembre. Fuente: elaboración propia.

Variación de la velocidad media horaria del mes de diciembre (1982-1991)

La curva de este mes culmina a las 13-14, con medias de 3,6 m/s y valores mínimos de 0,8-0,9 m/s, de las 19 a las

24 HLV. Desde las 19 hasta las 08 HLV, el segmento de la curva de bajo gradiente se observa con leves cambios de tendencia a las 21, a las 04 y a las 07-08 HLV. (Figura 15).

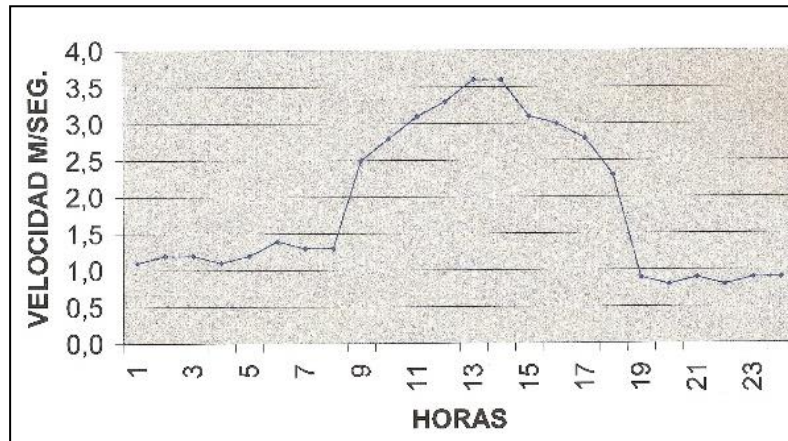


Figura 15. Variación horaria de la velocidad media del viento en el mes de diciembre. Fuente: elaboración propia.

En síntesis, se observan dos tipos diferentes de regímenes de velocidad media horaria del viento, el primero caracterizado por curvas con dos o tres picos hacia las horas centrales del día, como es el caso de los meses de enero, febrero, marzo y abril, mientras que el segundo tipo de régimen se caracteriza por curvas con una sola máxima, la cual ocurre con mayor frecuencia a las 13-14 HLV. Ambos regímenes muestran un lapso con gradientes de velocidad horaria muy bajos, en las horas finales e iniciales del día, y otro lapso con gradientes ascendentes y descendentes fuertes, pasando por la culminación de las horas centrales. Estas diferencias responden obviamente al ciclo diario de calentamiento del aire y a la

consecuente activación de los gradientes béricos horizontales a escala local.

Variaciones de la dirección prevaleciente horaria del viento

En correspondencia con las velocidades medias horarias antes descritas, las direcciones con mayor frecuencia para cada hora fueron las que se anotan seguidamente.

Variación de la dirección prevaleciente horaria de la década (1982-1991)

El examen de los registros de dirección, evidencia que desde las 23 hasta las 10 HLV prevalece en la serie examinada la dirección NNE, compartida con la situación de calma. A las 11 y 12 HLV domina la dirección NE

para dar paso a la dirección SSE prevaleciente desde las 13 hasta las 18 HLV. Siguen las condiciones de viento variable y calma desde las 19 hasta las 22 HLV. De esta forma, se aprecia que, en promedio, la dirección del viento recorre los cuadrantes primero y segundo, barriendo un ángulo de unos 160°.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de enero

Desde la 23 hasta las 03 HLV se comparte las condiciones de calma con la dirección NNE. De las 04 a las 10 HLV domina la dirección NNE, que pasa a NE de 11 a 12 HLV para luego instaurarse la dirección SSE de las 13 a las 18 HLV, seguida de las condiciones de calma y variable hasta las 22 HLV.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de febrero

Entre las 19 y las 07 HLV comparten las mayores frecuencias la condición de calma y las direcciones N, NNE y NE. Entre las 09 y las 12 HLV dominan los vientos del NNE y NE. A partir de las 13 HLV el viento gira al segundo cuadrante y sopla del SE hasta las 18 HLV.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de marzo

Para el mes de marzo hay que resaltar la notoria disminución de la frecuencia de los vientos del segundo cuadrante, los cuales aparecen como dominante sólo desde la 15 a las 18 HLV,

para dar paso a condiciones de calma y viento variable, compartido con la dirección NE hasta las 24 HLV. Desde la 01 a las 13 HLV prevalece la dirección NNE y a las 14 aparecen dominantes vientos del ENE y flujos variables, lo que evidencia el giro hacia el segundo cuadrante.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de abril

Desde las 12 hasta las 19 HLV dominan vientos del SE y ESE. A las 20 HLV se inicia el giro hacia el primer cuadrante, con componentes del ESE y ENE, giro que continúa de las 21 a las 24 HLV, con flujos del NE, para dar paso a la dirección NNE que prevalece a partir de las 01 hasta 08 HLV, seguida de vientos de flujos variables y direcciones NE y ENE hasta las 11 HLV.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de mayo

En mayo, el dominio del segundo cuadrante se inicia a las 11 HLV como ESE/SSE y continúa hasta las 16 HLV, como SSE, para pasar a S (180°) a las 17 y 18 HLV y luego a condiciones de calma y viento variable hasta las 03 HLV, cuando la condición de calma se comparte con direcciones del NNE, dominando éstas sólo de 08 a 09 HLV, seguidas por viento del NE a las 10 HLV. Durante este mes se observa una clara disminución de la frecuencia de las componentes del primer cuadrante.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de junio

Similarmente al mes anterior, en junio las componentes del primer cuadrante son minoritarias, siendo prevalecientes sólo entre las 09 y las 10 HLV. Desde las 11 hasta las 19 HLV domina netamente la dirección SSE, seguida por condiciones de calma y flujos variables el resto del período.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de julio

Las direcciones del segundo cuadrante ESE y SSE prevalecen entre las 11 y las 16 HLV, para dar paso a flujos variables y luego a condiciones de calma hasta las 08 HLV. La dirección NE domina únicamente a las 09, mientras que a las 10 HLV los flujos variables indican el cambio hacia el segundo cuadrante.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de agosto

Entre las 12 y las 16 HLV domina la dirección SSE, para luego dar paso a flujos variables y condiciones de calma hasta las 11 HLV. En este mes las direcciones del primer cuadrante no llegan a ser dominantes a ninguna hora.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de septiembre

Aparece como dominante la dirección ENE a las 09 HLV;

seguidamente el viento pasa a soplar del SSE hasta las 16 HLV y luego se presentan direcciones variables compartidas con condiciones de calma hasta las 03 y calmas con componentes N hasta las 08 HLV.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de octubre

La dirección SSE domina sin interrupción desde las 11 hasta las 18 HLV. Seguidamente se instalan condiciones de viento variable y calma hasta las 24. Desde las 01 a las 09 comparten frecuencias las calmas con flujos del NNE y a las 10 la dirección ESE evidencia el cambio del viento hacia el segundo cuadrante.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de noviembre

Como en el mes anterior, se aprecia el dominio de vientos del SSE desde las 11 hasta las 18 HLV. Sigue igualmente un período de vientos variables y calmas hasta las 04 HLV, para dar paso a flujos del NNE compartidos con calmas hasta las 10 HLV.

Variación de la dirección prevaleciente horaria para el mes de diciembre

Las direcciones del segundo cuadrante se activan a las 12 como ESE y luego SE a las 13, para pasar a SSE desde las 14 a las 20. Entre las 21 y la 01 las condiciones de calma alternan con vientos variables. A las 03 aparecen flujos del NNE compartidos con calmas y a las 11 HLV, los vientos prevalecientes

del ENE y del E, evidencian el cambio gradual hacia el segundo cuadrante.

DISCUSIÓN

Como se evidencia en las descripciones anteriores, durante el período 1982-1991, en la estación de Santa Elena de Uairén los vientos prevalecientes en el ciclo diario se reparten entre el primero y el segundo cuadrantes, con componente zonal este y diferentes números de horas de prevalencia según la época del año.

Al respecto es de interés resaltar que en ningún mes se presentan lapsos horarios en los cuales dominen flujos de los cuadrantes tercero y cuarto, de componente zonal oeste, como ocurría en el antiguo emplazamiento de la estación meteorológica, según fue demostrado en un estudio de la serie temporal 1971-1980, en el que se evidenció que durante los meses de mayo a octubre, junto con el aumento del porcentaje de calmas y disminución de la frecuencia de vientos del primer cuadrante, aparece una considerable frecuencia de flujos de los cuadrantes tercero y cuarto, de manera que ciertos

días el viento realiza un giro diario de casi 360 grados (Foghin-Pillin y Reyes 1997, p. 27).

Las diferencias entre las direcciones prevalecientes registradas en las dos series temporales parecen evidenciar la influencia de los cercanos relieves montañosos que rodeaban la estación en su emplazamiento antiguo, a diferencia de las condiciones topográficas más abiertas en las que se ubica la estación desde su traslado cerca del aeropuerto, en 1981. Esta explicación también encuentra soporte en la comparación de los porcentajes de calmas entre la estación antigua y la estación actual (Tabla 1).

En la Tabla 1 se observan los porcentajes de calma notablemente mayores en el antiguo emplazamiento de la estación, rodeada de relieves conspicuos poco distantes de la localidad, en comparación con la topografía relativamente llana del emplazamiento actual, datos consistentes con las componentes vectoriales del viento en superficie, específicamente con la mayor fuerza de rozamiento que experimentan los vientos en áreas montañosas.

Tabla 1. Porcentajes de calma en la estación de Santa Elena de Uairén durante las décadas 1971-1980 (antiguo emplazamiento) y 1982-1991 (emplazamiento actual).

	1971-1980	1982-1991	Diferencia
Enero	16,8%	11,0%	5,8%
Abril	22,8%	12,4%	10,4%
Julio	29,5%	21,6%	7,9%
Septiembre	37,8%	18,4%	19,4%

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El análisis de la serie temporal de registros anemométricos 1982-1991 de la estación de Santa Elena de Uairén revela la alternancia diaria de componentes de los cuadrantes primero y segundo, correspondientes a ángulos acimutales entre 01 y 180 grados, con nula prevalencia de direcciones correspondientes a los cuadrantes tercero y cuarto.

Las direcciones pertenecientes al primer segundo tienden a prevalecer en las horas centrales del día, en correspondencia con las velocidades medias horarias más altas, mientras que las direcciones del primer cuadrante se presentan hacia las horas iniciales y finales del ciclo diario, en correspondencia con las velocidades más bajas del ciclo, compartidas con frecuentes períodos de calma.

La comparación de esta serie (1982-1991) con los registros anemométricos de la serie temporal 1971-1980 revela notables diferencias por cuanto en la

antigua ubicación de la estación, durante los meses que corresponden al avance septentrional de la convergencia intertropical (CIT) se registraron variaciones diarias del viento de casi 360 grados. Sin embargo, el aumento de la frecuencia de los flujos diarios del segundo cuadrante durante el período de influencia CIT, no se interpreta como avance septentrional de los alisios de sureste, sino como producto del aumento del porcentaje de calmas, lo cual permite la activación de los gradientes béricos horizontales a escala local.

Estas variaciones determinadas por el relieve local han de tomarse en consideración en la planificación de la orientación de las pistas de aterrizaje, como se observa al comparar los casos de los aeródromos de Pacaraima, en territorio brasileño, cuya pista se orienta 31 – 13, en comparación con la de Santa Elena, con una orientación 29 – 11 (observación propia).

Se destaca la urgencia de rescatar los registros anemométricos originales (bandas de anemógrafo y libretas diarias de observación meteorológica, entre

otros) con la finalidad de recuperar registros que permitan evaluar la influencia que pueden tener fenómenos meteorológicos de extraordinaria magnitud, como los denominados *downbursts*, sobre las medias de velocidad, así como las direcciones más frecuentes de los vientos en tales condiciones, las cuales pueden representar altos riesgos sobre todo para las operaciones aeronáuticas.

De igual modo, resulta urgente solicitar ante las autoridades competentes la digitalización de todos los registros climatológicos, tanto para preservarlos como para facilitar futuras investigaciones de alto interés para diferentes áreas de la ingeniería y de las ciencias ambientales en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, V. R. y Schmidt, I. G. (1988). On the extension of climatic series from short records. *Journal of Applied Meteorology*, 27, 325-335. Recuperado de [https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450\(1988\)027%3C0325:OTEOCS%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450(1988)027%3C0325:OTEOCS%3E2.0.CO%3B2)
- Barry, R. (1992). *Mountain weather and climate*. London: Routledge
- Benaim-Pinto, C. (1972). Pollen of *Melinis minutiflora* Beauv (molasses grass): An airborne biological pollutant with possible implication in the etiology of respiratory allergy; preliminary report. *Acta Científica Venezolana*, 23, 155-156
- Burnet, M. y White, D. O. (1982). *Historia natural de la enfermedad infecciosa*. Madrid: Alianza Editorial
- Dirección de Cartografía Nacional. (1977). *Santa Elena de Uairén, Venezuela*. Hoja 7929, escala 1:100.000. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
- Escobar, D. F., Silveira, F. A. y Morellato, L. P. (2018). Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality. *Annals of Botany*, 121(6), 1197-1209. Recuperado de <https://watermark.silverchair.com/mcy006.pdf>
- Ezike, D. N., Nnamani, C. V., Ogundipe, O. T. y Adekanmbi, O. H. (2016). Airborne pollen and fungal spores in Garki, Abuja (North-Central Nigeria). *Aerobiología*, 32(4), 697-707. Recuperado de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10453-016-9443-5.pdf>
- Foghin-Pillin, S. (2002). *Tiempo y Clima en Venezuela*. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador
- Foghin-Pillin, S. y Reyes, V. M. (1997). Descripción del régimen eólico diario 1971-1980 en la estación de Santa Elena de Uairén. *Ponencia V Jornada Anual de Investigación* (p. 27). Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador
- Freile, A. (1962). *Mapa fisiográfico de la República de Venezuela*. Caracas: Ministerio de Minas e Hidrocarburos
- Guevara D., J. M. (1987). *Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos*. Caracas: Universidad Central de Venezuela
- Hafner, W. D. y Hites, R. A. (2005). Effects of Wind and Air Trajectory Directions on Atmospheric Concentrations of

- Persistent Organic Pollutants near the Great Lakes. *Environmental Science and Technology*, 39(20), 7817-7825. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es0502223>
- Henry, J. G. y Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería ambiental*. México: Prentice Hall/Pearson.
- Jiménez, P. A., González-Rouco, J. F., Montávez, J. P., García-Bustamante, E. y Navarro, J. (2009). Climatology of wind patterns in the northeast of the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 29(4), 501-525. Recuperado de <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.1705>
- Jiménez S., J. G. (2018). *The Orinoco Low-level jet*. [Tesis doctoral, The Pennsylvania State University]. Pennsylvania, EEUU
- Kaczmarek, J., Kedziora, A., Brachaczek, A., Latunde-Dada, A.O., Dakowska, S., Karg, G. y Jedryczka, M. (2016). Effect of climate change on sporulation of the teleomorphs of *Leptosphaeria* species causing stem canker of brassicas. *Aerobiologia*, 32(1), 39-51. Recuperado de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10453-015-9404-4.pdf>
- Kitada, T., Okamura, K. y Tanaka, S. (1998). Effects of Topography and Urbanization on Local Winds and Thermal Environment in the Nohbi Plain, Coastal Region of Central Japan: A Numerical Analysis by Mesoscale Meteorological Model with a $k-\epsilon$ Turbulence Model. *Journal of Applied Meteorology*, 37(10), 1026-1046. Recuperado de <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%281998%29037%3C1026%3AEO%3E2.0.CO%3B2>
- Miller, S. T. K., Keim, B. D., Talbot, R. W., y Mao, H. (2003). Sea breeze: structure, forecasting and impacts. *Reviews of geophysics*, 41(3): 1-31. Recuperado de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2003RG000124>
- Pino, A. y Espinosa, J. (2001). Datos meteorológicos en la cuenca del canal de Panamá durante el siglo XIX y su aplicabilidad a la variabilidad climática y al cambio climático. *Tecnociencia*, 3(2), 21-45. Recuperado de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/547/456>
- Schubert, C. y Huber, O. (1989). *La Gran Sabana: Panorámica de una región*. Caracas: Lagoven
- Serafin S. y Zardi, D. (2010). Daytime Heat Transfer Processes Related to Slope Flows and Turbulent Convection in an Idealized Mountain Valley. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67(11), 3739-3756. Recuperado de <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2010JAS3428.1>
- Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana-SMFAV. (1993). *Estadísticas climatológicas de Venezuela. Período 1961-1990*. Maracay: SMFAV
- Simpson, J. (1994). *Sea breeze and local winds*. Cambridge: Cambridge University Press



Evaluación y rediseño de sistemas de abastecimiento de agua potable

Evaluation and redesign of drinking water supply networks

Yeferson Sergio Romero Nina

sergioromeronina@gmail.com

Código ORCID: 0000-0002-8239-3498

Universidad Autónoma Tomás Frías, Bolivia

< Artículo recibido en septiembre 2020

< Arbitrado en octubre 2020

< Publicado en enero 2021

Resumen

En Bolivia existen comunidades menores que viven en condiciones insalubres por falta de agua potable, en este sentido el presente estudio se propone evaluar y optimizar el sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Caiza D, ubicada en Potosí. Con un enfoque mixto de corte longitudinal se aplica un proceso validado por criterio de expertos, que consiste en calibrar y llevar redes en funcionamiento a un software libre que provee información para la toma de decisiones ingenieriles. Se determina que la bomba deberá tener 1,9 Hp de potencia, cuatro (4) pulgadas de diámetro y capacidad de 6,4 l/s. Además, el tanque considerará un consumo promedio anual de $1,5E+05$ y un volumen del reservorio de 25% de Q_m , $V=37m^3$. El rediseño del sistema implicará renovar bomba de agua y tanque de almacenamiento y se considera factible usar la red de agua existente, previo mantenimiento y renovaciones de componentes oxidados.

Palabras clave: Red de agua potable; calibración hidráulica; modelo hidráulico; aducción

Abstract

In Bolivia there are smaller communities that live in unsanitary conditions due to lack of drinking water. In this sense, the present study set out to evaluate and later optimize the drinking water supply system of Caiza D community, located in Potosí. With a mixed approach of longitudinal cutting, a process validated by expert criteria was applied, which consists of calibrating and bringing networks in operation to free software that provides information for engineering decisions. It was determined that the pump should have 1.9 HP of power, 4 inches in diameter and a capacity of 6.4 l/s, the tank will consider an average annual consumption of $1.5E + 05$ and a reservoir volume of 25% of Q_m , $V = 37m^3$. The redesign of the system will involve renovating the water pump and storage tank and it was considered feasible to use the existing water network, after maintenance and renovations of rusted components.

Keywords: Drinking water network; hydraulic calibration; hydraulic model; adduction

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de abastecimientos de agua potable permiten el aprovisionamiento de agua a las ciudades y un mal funcionamiento impacta negativamente en toda la población. En los países en desarrollo aún existen localidades que no cuentan con este suministro a cabalidad. Este es el caso de Bolivia, donde existen poblaciones en las que el sistema de agua potable presenta deficiencias y no abastece al 100%, produciendo problemas relacionados con la calidad de vida, salud y alimentación.

El problema se manifiesta principalmente en comunidades con población reducida, como en la comunidad de Caiza D (ubicada al sud este de la ciudad de Potosí), que cuenta con una población cercana a 1000 habitantes. En la comunidad existe un sistema de abastecimiento cuya fuente permitía el abastecimiento de la demanda de la población. Actualmente, su cobertura ha disminuido y, según la norma boliviana que regula el abastecimiento de agua, está muy por debajo del flujo aceptable (Reglamento Nacional, 2004). Las causas son diversas: uso del agua para el riego de las parcelas aledañas a la tubería de aducción, necesidad de mantenimiento y crecimiento de la población.

Se sabe que el servicio de agua potable podría ser mejorado incrementando el caudal para que el aprovisionamiento sea regular. En este sentido, es importante determinar el

funcionamiento de la red en términos hidráulicos y así determinar la posibilidad de utilizar la infraestructura existente o confirmar la necesidad de renovación. Se utiliza entonces la calibración como mecanismo que permite averiguar la fiabilidad del modelo hidráulico y la veracidad de los datos utilizados para simular los sistemas (AWWA, 2012).

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Caiza D, mediante la modelación del sistema hidráulico. Este propósito tiene relevancia social, no sólo para la comunidad Caiza D, sino para todas las comunidades dispersas en Bolivia que aún no tienen acceso suficiente de agua potable. El proceso de evaluación propuesto puede replicarse y evaluar así otras redes de agua.

El estudio se justifica en la medida en que sea difundido y considerado por la comunidad de ingenieros y tomadores de decisiones sobre temas de agua. Es fundamental comprender que las redes de abastecimiento de agua segura, adecuada y accesible, juntamente con un saneamiento apropiado, son, sin duda, necesidades básicas y componentes esenciales de la atención primaria de la salud.

En el presente estudio se presenta la base teórica del modelo hidráulico aplicado. El propósito de este modelo está relacionado con el análisis hidráulico que se necesita y puede ser simulación en régimen estacionario o simulación en período extendido (Ostfeld, 2012; Walski, 2003). Se

identifican cinco (5) aplicaciones para las cuales es posible construir un modelo: planes maestros, estudios de protección contra incendios, estudios de calidad del agua, estudios de eficiencia energética y, finalmente, operación de la red (Christie et al, 2011). Sin embargo, los estudios de calidad de agua exigen un mayor nivel de calibración (Larado, 2012).

La calibración de modelos hidráulicos de redes de distribución es un proceso lógico sencillo, que involucra determinar aquello que está mal en el modelo y corregir los errores para lograr que el modelo funcione adecuadamente. Resulta improbable que el problema de calibración de modelos hidráulicos sea resuelto utilizando un procedimiento analítico simple o una técnica de optimización. Sin embargo, existen consideraciones generales que pueden ayudar a su aproximación (Ormsbee, 1994). Se considera el siguiente procedimiento general de siete (7) pasos al momento de abordar un proceso de calibración (Hutton, 2014): (a) identificar el propósito del modelo, (b) determinar el valor inicial de los parámetros a estimar, (c) recolectar datos de calibración, (d) evaluar los resultados del modelo, (e) calibrar a nivel macro, (f) realizar un estudio de sensibilidad y, finalmente, (g) calibrar a nivel micro.

Por otra parte, según Shamir (1977), la calibración consiste en determinar las características físicas y operacionales de un sistema existente, aplicando un

modelo computacional que permita obtener resultados realistas. Walski (2003) la define como un proceso de dos (2) pasos que consisten en: (a) Comparar las presiones y caudales simulados con aquellos observados (medidos) para unas condiciones de operación conocidas y (b) Ajustar los datos de entrada al modelo de tal forma que exista concordancia entre los valores simulados y observados.

La calibración es una garantía para la aplicabilidad del modelo y su importancia sustenta en tres (3) aspectos básicos (Walski, 2003): confianza, conocimiento y comprensión y resolución de problemas. Ésta termina cuando se alcanza la tolerancia esperada (10% de diferencia entre los valores medidos y simulados según los estándares normalmente aceptados).

Los datos de calibración pueden ser recolectados mediante: (a) pruebas de campo realizadas en hidrantes para obtener datos de caudal y presión (Lansey, 2000), (b) Datos de telemetría (SCADA) correspondientes a series de tiempo para caudales, presiones, y niveles de tanques (Walski, 2003) y, finalmente, (c) Datos referentes a pruebas con trazadores químicos conservativos o no conservativos (Ormsbee, 1994).

Evaluar los resultados de una simulación permite medir la presión de un modelo hidráulico, comparando los resultados y las mediciones realizadas en campo (Lansey, 2000). La calidad de los datos recabados será determinante

para el éxito de la modelación, Walski (2003) realiza una clasificación cualitativa de la calidad de los datos, y propone tres (3) tipos: buenos (*good data*), malos (*bad data*) e inútiles (*useless data*).

Existen errores que provocan discrepancias entre valores simulados y observados, identificarlos y minimizarlos requiere de la aplicación iterativa de tres (3) procesos: macro-calibración, micro-calibración y análisis de identificar aquellos parámetros que generan mayor impacto en los resultados de la simulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de una investigación aplicada de corte longitudinal que, mediante la modelación de un sistema hidráulico, pudo evaluar la calidad de un sistema de redes de abastecimiento de

sensibilidad. La macro-calibración se enfoca en la calibración de toda la red de distribución o zonas de presión y consiste en identificar y corregir las fuentes de error que ocasionan las diferencias más significativas (Molina, 2015). El análisis de sensibilidad consiste en variar los parámetros del modelo, cuantificar el efecto sobre los resultados de la simulación asociado a cada una de estas variaciones e

agua potable y, posteriormente, gracias a la simulación, presenta el esquema del rediseño de la misma red. El proceso que se aplica para evaluar y rediseñar el sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Caiza D combina los lineamientos propuestos por Walski (2013) y Hulton (2014), según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Procesos para la calibración de redes de agua

Etapas según Hutton (2014)	Etapas según Walski (2003)	Etapas del proceso aplicado
Identificar el propósito del modelo		Reconocimiento y diagnóstico del funcionamiento del sistema.
Determinar el valor inicial de los parámetros a estimar		Recopilación de métricas en campo (presiones y caudales) que permitieron aplicar los modelos de simulación.
Recolectar datos de calibración		
Evaluar los resultados del modelo		Rediseño y calibración la red de agua.
Realizar una calibración a nivel macro	Comparar las presiones y caudales simulados con aquellos observados	
Realizar un análisis de sensibilidad	Ajustar los datos de entrada al modelo	Desarrollo modelo hidráulico que optimiza el funcionamiento de la red
Realizar una calibración a nivel micro		

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la tercera columna de la tabla 1 se muestra el proceso propuesto, comprende cinco (5) etapas. Este tiene un enfoque mixto, ya que comprende variables cuantitativas y cualitativas. Este fue validado aplicando la técnica del juicio de expertos, la consulta se hizo al Colegio de Ingenieros de Bolivia, quienes recomendaron a profesionales con amplia trayectoria y conocimiento en redes de abastecimiento de agua potable.

Con este fin los paquetes informáticos empleados para procesar la información fueron AutoCAD® y AutoCAD Civil 3D®. Asimismo se aplicó el paquete informático para modelación de redes de agua potable: Epanet v2.0® y la extensión Epcad® que permite la modelación de la red. Para el manejo de imágenes satelitales se utiliza el Google Maps.

Para las mediciones de parámetros hidráulicos en campo se cuenta con un caudalímetro 8188-29 *Original System (Gardena)*, con las siguientes especificaciones técnicas: (a) Permite mediciones de caudal en tuberías a presión de entre 1" y 360" y (b) la precisión de la medición es de $\pm 0.5\%$, para líquidos homogéneos. También se cuenta con un presurímetro marca y modelo MARSH WV 26050-0607, con un rango de medición: 0-160 psi, precisión $\pm 0.25\%$ y con temperatura de funcionamiento de -20 a 70 °C.

Se realiza el levantamiento topográfico para modificar la aducción y la zona de la Red

(referenciado a bancos de Nivel "Bench Mark"). Las nivelaciones en las poligonales fueron cada 5 m y también se considera terrenos con pendiente abrupta. Por su parte, las mediciones se efectuaron en cámaras ingreso a domicilio cuya tubería es de PVC. Para el dimensionamiento de la red de distribución y conducciones en general se aplica la fórmula de William & Hazen con la ecuación (1).

$$J = 10.64605 * Q^{1.852} \div C^{1.852} \div D^{4.8704}$$

Donde:

J: pérdida de carga unitaria (m/m)

Q: es el caudal (m³/s)

C: coeficiente de rugosidad, que depende del material (adimensional 100 -140)

D: diámetro de la tubería (plg).

RESULTADOS

Se presenta el proceso de calibración de la red de agua potable para la comunidad Caiza D, según el proceso ya especificado de cinco etapas.

Reconocimiento y diagnóstico del funcionamiento del sistema

El reconocimiento considera las condiciones actuales con relación a: obra de toma, aducción, tanque de almacenamiento, red de abastecimiento y proyección de crecimiento demográfico. Se presenta la síntesis del diagnóstico en la Tabla 2.

Las mediciones de parámetros hidráulicos en campo son indispensables para calibrar un sistema hidráulico y, para este fin, es importante también la contemporaneidad de las mediciones. Se lleva a cabo para tal efecto las mediciones periódicas de parámetros hidráulicos en la red. Las mediciones se obtienen en diferentes periodos de

tiempo, comprendidos entre 2015 y 2016. Los parámetros hidráulicos que se midieron son los siguientes: caudal en diferentes puntos estratégicos de la red actual y presión en los mismos puntos donde se midieron los caudales.

Tabla 2. Síntesis del diagnóstico de la comunidad (sin proyecto)

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
OBRA DE TOMA	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con cámara de llaves. • El consumo de la red de agua está destinado para consumos de las familias y para riego. Abastece alrededor del 70% del consumo básico familiar, existe escases. • Se percibe que no ha habido mantenimiento en los últimos años. • La cámara colectora requiere reparación o renovación.
ADUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • La aducción se encuentra muy deteriorada. • Filtración importante • Se requiere nueva aducción. • No posee tapa sanitaria.
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • El caudal que recibe es casi la mitad del que se aforó en la obra de toma. • El tanque se encuentra en mal estado, debido a la acumulación de arena y falta de mantenimiento.
RED DE ABASTECIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta conexiones en mal estado. • Se verifica que las tuberías son antiguas lo que hace que haya demasiada fricción en sus paredes interiores. • Tuberías inadecuadas para trabajar a presión. • La operación de la red se realiza por personal no autorizado. • Las presiones de campo con las que opera el sistema son muy bajas, no permite la operación de aparatos sanitarios. • Es necesario darle una combinación de diámetros adecuada para así cumplir con los requerimientos según Norma Boliviana NB-689.
PROYECCIONES DEMOGRÁFICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Según datos del censo nacional la población tiene tasa crecimiento positiva, el cálculo de la proyección de crecimiento se realizó con base en los dos últimos censos nacionales (1992 y 2001) y al último censo comunitario (2011).

Fuente: Elaboración propia (2020)

Las mediciones se efectuaron en cámaras ingreso a domicilio cuya tubería es de PVC. Se obtuvieron los siguientes datos de campo promediados en cuanto a presiones y caudales, asumiendo un modelo estacionario en fechas de estiaje.

Una vez completados los pasos precedentes, se procede a iniciar las corridas de simulación confirmando antes los datos insertados (validación) y después fijando los parámetros operativos: unidades de caudal LPS, fórmula de pérdidas H-W, peso específico relativo 1, viscosidad relativa 1, máximo iteraciones 60, precisión 0,01,

continuar en caso número equilibrio, curva modulaciones 1, factor de demanda 1.

Recopilación de métricas en campo

Se usa la calibración como mecanismo que para averiguar la fiabilidad del modelo y la veracidad de los datos utilizados para simular los sistemas. La Figura 1 permite visualizar el esquema de nudos y tuberías de la red, según el reporte de medición la red actual cuenta con 190 tuberías con longitud total de 2.512,98 m, con diámetros entre 20,80 y 66,80 mm.

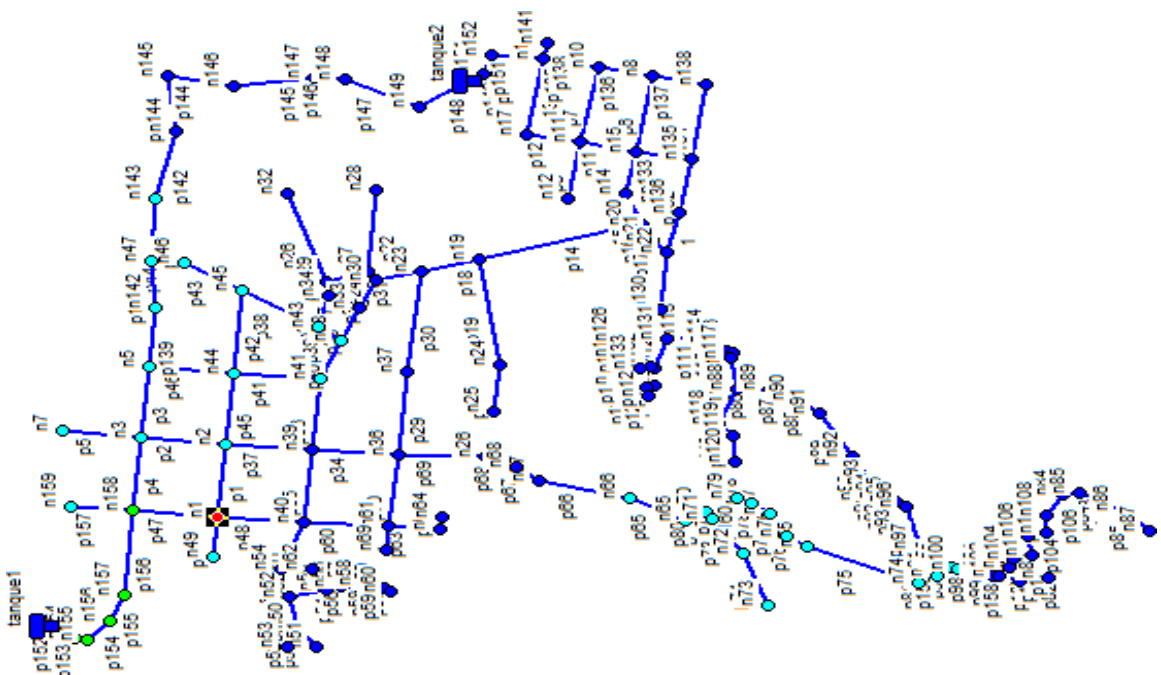


Figura 1. Esquema de nudos y tuberías

En la tabla 3 se muestran los estadísticos finales en cuanto a caudales y presiones.

Tabla 3. Resumen Estadístico Prueba T de Student para la Presiones y Caudales

Estadístico	PRESIONES		CAUDALES	
	Var 1	Var 2	Var 1	Var 2
Media	8,74	9,25	1,06	0,97
Varianza	7,67	8,65	1,09	1,56
Observaciones	14	14	9	9
Coefficiente de correlación de Pearson	0,979		0,982	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	13		8	
Estadístico t	-3,147		0,844	
P(T<=t) una cola	0,004		0,212	
Valor crítico de t (una cola)	1,771		1,860	
P(T<=t) dos colas	0,008		0,423	
Valor crítico de t (dos colas)	2,160		2,306	

Fuente: Elaboración propia (2020)

El proceso de calibrar implica varias corridas hasta alcanzar a reflejar el sistema actual (debido a inconsistencias en la topología de la red). Se logra en la mayoría de los puntos una diferencia entre lo medido y lo simulado del 10%. El reporte estadístico presentado en la tabla 2 indica que a través de las pruebas y medidas tomadas tanto en campo como en el programa el coeficiente de correlación es superior a 0.9, lo que significa que las muestras son estadísticamente similares.

Luego de presentar las características técnicas de los diferentes elementos que componen el sistema de abastecimiento de la red de agua potable y con todos los datos obtenidos en campo y en simulación, se procedió a identificar las alternativas seleccionadas a las principales problemáticas del funcionamiento actual del sistema. Con este fin se estima la proyección de la demanda, según se presenta en la Figura 2.

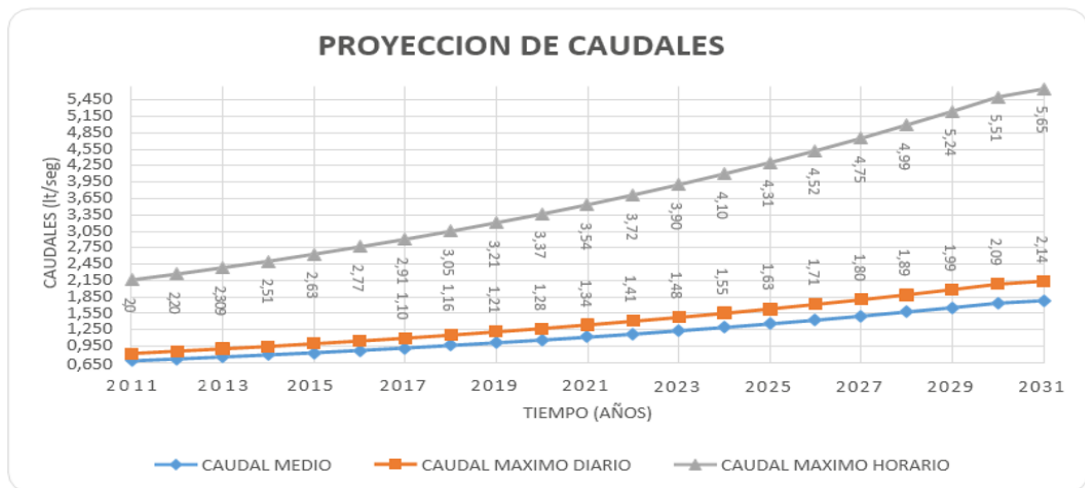


Figura 2. Proyección de la demanda

Según la proyección de la demanda presentada en la Figura 2, se determina un caudal medio diario de Q_{md} de 1,785 [l/s], causal máximo diario de Q_{maxd} de 2,142 [l/s] y un caudal máximo horario de $Q_{máxh}$ de 5.654 [l/s].

Por una comparación de los resultados obtenidos del análisis de aguas realizado para la fuente del sistema en estudio con los valores referenciales de la norma, la calidad del agua es apta para consumo, en cuanto a sus parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

Se compara los resultados del análisis del agua con los valores referenciales de la NB-689. El análisis físico determinó: (a) turbiedad de 0,35, muy por debajo del valor máximo aceptable que es 5, (b) Color 5 UC en escala Pt-Co, 1/3 del máximo aceptable que es 15 UC, (c) 365 mg/l sólidos totales disueltos, siendo 1000 mg/l el máximo aceptable y, finalmente, (d) Las características de olor, sabor y temperatura están dentro de los parámetros aceptables. Según el análisis químico las características del agua se encuentran dentro de los márgenes aceptables para el consumo humano, se considera las variables: dureza, calcio, magnesio, manganeso, hierro, sulfato, cloruro, fluoruros, nitratos, nitritos y pH. Por su parte, el análisis bacteriológico dio negativo en coliformes totales y en *Escherichia coli* (*E. coli*). Finalmente, se realizaron análisis complementarios que determinaron inexistencia de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 y Oxígeno disuelto OD y

conductividad de 606 mmhos/cm, siendo la máxima aceptada 1500 mmhos/cm.

Rediseño y calibración la red de agua

Dada la identificación del estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Caiza D en flujo estacionario, y encontrando deficiencias en su funcionamiento es preciso identificar los parámetros a considerar para el planeamiento de la optimización hidráulica de la red: demanda y presiones de servicio.

Realizadas las estimaciones se determinaron los valores requeridos para el diseño de la bomba de agua: caudal del bombeo de 6,4 l/s, diámetro mínimo de 4 plg, pérdidas de carga desde la aducción al punto de bomba (Hazen - Williams) de 1,796 m, pérdidas de carga de la bomba al tanque de 0,0026 m/m, carga total de 46,5 m y cálculo de la potencia de la bomba de 1.9 Hp. Por tanto, según los criterios de selección del tipo de bomba que se determina tiene 2 Hp de potencia y con una capacidad de 10 l/s. Garantizando el funcionamiento de la aducción. Se usará la bomba 40-315.

El cálculo de la demanda de la red actual sirve para evaluar y calibrar la red y generar presiones óptimas de servicio, considerando los lineamientos dados por los Reglamentos del Agua y la Norma NB 689. Se traza una red matriz compuesta por una serie de diámetros

comerciales a fin de optimizar su funcionamiento, permitiendo proyectar un nuevo diseño de la aducción que incluye una bomba que permitirá aprovechar entre un 80 y 100% la obra de toma.

Considerando que la bomba se posicionó en la progresiva 0 + 683,68, se realiza el cálculo de la nueva línea

aducción. Para este cálculo se utiliza la ecuación de Hazen – Williams, en cuanto a la obtención de pérdidas por fricción se utiliza un coeficiente C de 150 para un material de PVC. En tal caso se determinaron los valores de pérdida de carga, con sus respectivas cotas piezométricas, según se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Reporte de la nueva aducción

Prog.	Descripción	L[m]	Elev[m]	Q[l/seg]	Mat	Dnominal[plg]	Dreal[mm]	St[m/m]	hf[m]	Cota piezométrica [m]
0,00	CA	0,00	3172,209	2,1417819	PVC	4,00	105,1	6,32E-04	0,00E+00	3172,21
158,70	Tubería p1	158,70	3170,559	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	1,40E-01	3170,56
372,20	Tubería p10	9,67	3167,97	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	8,55E-03	3167,97
461,69	Tubería p11	89,49	3167,381	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	7,91E-02	3167,38
501,80	Tubería p12	40,11	3165,353	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	3,55E-02	3165,35
584,76	Tubería p13	82,96	3166,395	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	7,34E-02	3166,39
586,71	Tubería p15	1,95	3165,32	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	1,73E-03	3165,32
596,48	Tubería p16	9,77	3165,541	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	8,63E-03	3165,54
600,58	Tubería p17	4,10	3165,528	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	3,62E-03	3165,53
606,88	Tubería p18	6,30	3166,014	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	5,57E-03	3166,01
609,33	Tubería p19	2,45	3166,251	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	2,17E-03	3166,25
641,88	Tubería p26	2,75	3164,668	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	2,43E-03	3164,67
657,53	Tubería p30	2,32	3164,26	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	2,05E-03	3164,26
666,99	Tubería p31	9,46	3164,422	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	8,36E-03	3164,42
683,68	BOMBA	16,69	3164,171	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	1,48E-02	3164,17
697,60	Tubería p33	13,92	3165,159	2,1417819	PVC	3,00	81,7	8,84E-04	1,23E-02	3165,16

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la tabla 4 se presenta el reporte de la nueva aducción, el cual permite verificar que las tuberías en la red están funcionando dentro de los parámetros requeridos de pérdida de fricción y cota piezométrica. La cota piezométrica de la bomba de agua es 3.164,17 m.

Realizadas las estimaciones se determina los valores requeridos para el tanque de almacenamiento: consumo promedio anual, Q_m de $1,5E+05$ l, volumen del reservorio considerando 25% de Q_m de $37m^3$, con el valor del volumen (V) se define en reservorio de sección cuadrada que se obtiene de la Norma: PL-AP-13-05 Tanque Elevado De H°A° PARA 50 M3. Por tanto, se determina que el tanque de almacenamiento será del tipo elevado, diseñado en hormigón armado con una altura total de 20 m, según NB-689.

Desarrollo modelo hidráulico que optimiza el funcionamiento de la red

Se determina para cada tramo de todo el circuito las pérdidas de carga correspondientes y las razones de estas al caudal considerado en cada caso la fórmula de Hazen- Williams. Se realizan verificaciones en el programa Epanet®, en cuanto a las tuberías de la red permite tomar criterios para determinar los diámetros de redes considerando presiones y velocidades. La tabla 5 es representativa de los resultados obtenidos.

Tabla 5. Reporte de la red propuesta

ID Línea	Longitud m	Diámetro plg	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Factor Fricción
Tubería p1	74,56	0,75	140	0,05	0,3	1,8	0,036
Tubería p2	71,96	1,5	140	-2,05	1,58	70,48	0,023
Tubería p3	71,89	3	140	4,68	1,33	29,02	0,021
Tubería p4	73,61	3	140	6,93	1,98	60,08	0,02
Tubería p10	43,28	1	140	-0,29	0,52	14,84	0,029
Tubería p11	47,25	1	140	-0,37	0,66	22,94	0,028
Tubería p24	11,47	1	140	0,16	0,3	5,09	0,031
Tubería p25	14,07	1	140	0,43	0,77	30,91	0,027
Tubería p31	39	1	140	-0,6	1,08	57,14	0,026
Tubería p32	30,29	1	140	-0,45	0,81	33,84	0,027

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la tabla 5, se muestra una tabla representativa de todo el universo, se advierte que la pérdida unitaria y la velocidad se encuentran dentro del rango de parámetros admisibles.

Para la elaboración del presupuesto de inversión del proyecto se consideró el desglose de materiales, mano de obra y equipo para cada uno de los ítems de ejecución de la obra.

El tiempo requerido para la ejecución de la obra está planificado para ocho (8) meses y deberá estimarse el cronograma y moneda, ubicación de la obra, vías de acceso a la obra, disponibilidad de agua, disponibilidad de combustible y energía, condiciones climáticas, disponibilidad de mano de obra de la región, disponibilidad de materiales de construcción y, finalmente, bancos de préstamo y costo de transporte. Asimismo, se considera los porcentajes de herramientas menores, cargas sociales, gastos generales y administrativos impuestos y utilidades, estos están normados bajo la ley de contrataciones a través del Decreto Supremo Nro. 27328.

CONCLUSIONES

La investigación presenta el proceso de calibración en sistemas de abastecimiento de agua en la comunidad de Caiza D, proponiendo un proceso para obtener la calibración manual de la red. La novedad científica de este aporte radica en comparar los resultados simulados del modelo hidráulico con las mediciones obtenidas en campo, mediante varios

ajustes al modelo, hasta alcanzar la concordancia entre los datos históricos obtenidos y la simulación. Una vez realizada la evaluación se determinó necesario el rediseño del sistema de abastecimiento del suministro.

Para realizar el proceso de calibración es preciso disponer de información que permita caracterizar la red; visitas, aforos, censo poblacional. Asimismo, el trabajo de campo fue fundamental ya permitió conocer la magnitud real del proyecto. Se resalta la utilidad de las herramientas aplicadas, se sugiere el uso del Caudalímetro 8188-29 Original System (Gardena) Alemania, ya que permitió evaluar mediciones de caudales con un error de $\pm 0.5\%$ y el Presurímetro MARSH WV 26050-0607 que permite hacer un control de presiones con un error de $\pm 0.25\%$.

El procedimiento aplicado permite establecer la relación entre los sistemas de red de agua potable en ejecución y los diseños de sistemas de este suministro, ya que es una primera aproximación a la evaluación y calibración de redes de agua potable por demás importante para el futuro desarrollo socio económico de la localidad de Caiza D y otras comunidades pequeñas que aún no tienen un sistema de red de agua aceptable en Bolivia. En este sentido, se logró proponer un esquema de calibración hidráulica para el sistema de distribución de agua potable desarrollado con el software EPANET®, mediante la modelación hidráulica de la red evaluando el escenario actual.

Asimismo, se realizó un análisis estadístico de las presiones de servicio, encontrando que es muy útil para la calibración de la red. Con este análisis se prueba que el escenario de calibración propuesto proporciona a la red las presiones adecuadas que se ajustan a la necesidad actual de la comunidad y principalmente de los usuarios.

REFERENCIAS

- AWWA. American Water Works Association (Ed.). (2012). Manual de entrenamiento para operadores de sistemas de distribución de agua. American Water Works Association
- Hutton, C. J., Kapelan, Z., Vamvakieridou-Lyroudia, L., & Savić, D. (2014). Application of formal and informal Bayesian methods for water distribution hydraulic model calibration. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(11), 04014030
- Lansey, K. E., & Mays, L. W. (2000). Optimal design of water distribution systems. *Water Distribution System Handbook*, McGraw-Hill, New York
- Molina Arce, S. X. (2015). Metodología para la calibración preliminar de modelos de redes de distribución de agua mediante la utilización conjunta de demandas y consumos dependientes de la presión
- Ormsbee, L. E., & Lansey, K. E. (1994). Optimal control of water supply pumping systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 120(2), 237-252.
- Ostfeld, A., Salomons, E., Ormsbee, L., Uber, J. G., Bros, C. M., Kalungi, P., ... & McKillop, R. (2012). Battle of the water calibration networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 138(5), 523-532
- Reglamento Nacional NB 689. (2004). REGLAMENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE. Ministerio de Agua – Viceministerio de servicios básicos. Bolivia
- Shamir, U., & Howard, C. D. (1977). Engineering analysis of water-distribution systems. *Journal (American Water Works Association)*, 510-514.
- Walski, T. M., Chase, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., Beckwith, S., & Koelle, E. (2003). *Advanced water distribution modeling and management*



Experiencias didácticas para promover el aprendizaje de la ecología a través del trabajo de campo

Didactic experiences to promote the learning of ecology through field work

Antonio Vera

ajvera68@gmail.com

Código ORCID: 0000-0002-8298-9750

Universidad del Zulia, Venezuela

◀ Artículo recibido en septiembre 2020

◀ Arbitrado en octubre 2020

◀ Publicado en enero 2021

Resumen

Se describieron experiencias didácticas para promover el aprendizaje de la Ecología a través del trabajo de campo. La metodología fue descriptiva, de campo, no experimental y documental. Los trabajos de campo permitieron mantener a los estudiantes en contacto directo con la naturaleza, realizar actividades exploratorias, descubrir y seleccionar situaciones de aprendizaje. Se promovió la discusión entre los participantes para el enriquecimiento del conocimiento individual y grupal. También se emplearon las estrategias explicitación de objetivos, cuadro C-Q-A, focal introductoria, señalizaciones y discusiones guiadas para adquirir nuevos conocimientos en comparación a las ideas previas, el reconocimiento de características anatómicas modificadas, la identificación de niveles ecológicos, la aclaratoria de incógnitas difíciles de descifrar y la exposición de propuestas hasta obtener la explicación concluyente del tema. La observación directa y vivencial resultó la herramienta principal para que los estudiantes obtuvieran deslumbrantes aportes didácticos del campo. Las estrategias empleadas promovieron la consolidación de aprendizajes ecológicos.

Palabras clave: Aprendizaje; bosque xerófilo; ideas previas; manglar; trabajo de campo

Abstract

Didactic experiences to promote the learning of Ecology through field work were described. The methodology was descriptive, field, non-experimental and documentary. The field work allowed students to keep in direct contact with nature, perform exploratory activities, discover and select learning situations. Discussion was promoted among the participants for the enrichment of individual and group knowledge. Strategies were also used to explain objectives, CQA chart, introductory focus, signage and guided discussions to acquire new knowledge compared to previous ideas, recognition of modified anatomical features, identification of ecological levels, clarification of unknowns difficult to decipher and the presentation of proposals until obtaining the conclusive explanation of the subject. Direct and experiential observation was the main tool for students to obtain dazzling contributions from the field. The strategies employed promoted the consolidation of ecological learning.

Keywords: Learning; xerophytic forest; previous ideas; mangrove; field work

INTRODUCCIÓN

La importancia de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales se fundamenta en que éstas constituyen un conjunto de áreas del conocimiento que permiten y ayudan al hombre a establecer contacto, indagar e interpretar el grandioso ambiente que le circunda denominado entorno fisicoquímico-biótico natural (Vera, 2007).

En este mismo sentido, la ecología orienta su estudio en las relaciones entre los seres vivos y su entorno, es decir, establece una conjugación de lo biótico, lo abiótico y el hábitat o ambiente geográfico de manera interdependiente. Por lo tanto, esta disciplina se convierte en la ciencia de las interacciones organizadoras entre el biotopo y la biocenosis (Di Salvo et al., 2009).

Esto último se centra en destacar el reconocimiento de los ecosistemas, unidad básica de estudio de la ecología, como sistemas complejos que revelan y explican que manera funciona la naturaleza, y por ello no pueden ser abordados de forma reduccionista (partes desarticuladas); ya que las relaciones establecidas, determinan finalmente la esencia del sistema (visión holística de la ecología) (Di Salvo et al., 2009).

Esto justifica, de forma considerable, la selección y el uso del campo (el ambiente, el entorno o el espacio geográfico), por parte del docente, como el escenario didáctico por excelencia para aplicar su

intencionalidad didáctica y así promover el aprendizaje de la ecología a través de la estrategia trabajo de campo.

El éxito del uso del trabajo de campo depende en gran parte de la experiencia didáctica del docente en cuanto al manejo del contenido disciplinar, el conocimiento fisiográfico del área de estudio a abordar, la aplicación de otras estrategias didácticas en el campo, la organización de dicha actividad práctica-vivencial, la evidencia de un claro enfoque epistemológico que viabilice todo el accionar del docente, entre otros aspectos. De tal manera, que la praxis docente concentra una experiencia que conlleva a la reflexión dinámica del proceso de enseñanza para responder a las limitaciones o debilidades de los aprendizajes (Acosta Faneite y Boscán Andrade, 2014).

Por su parte, el propio trabajo de campo muestra atributos poderosos que lo promocionan como una estrategia didáctica valiosa de vanguardia, digna de ponerse en práctica en la educación formal para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en general y de la ecología de forma particular. Estas afirmaciones cobran su esencia propia en las ideas de Sauwéns (1988), quien sostiene que la aplicación del trabajo de campo promueve el aprendizaje de la dinámica espacial de la realidad del educando, las interrelaciones existentes entre los elementos que componen el ambiente y su problemática, la asociación del

estudiante con su realidad entre a otros aspectos.

En este orden de ideas, Fernández Manzanal y Casal Jiménez (1995) también hacen énfasis en los atributos que sustentan la importancia del trabajo de campo, al sostener que la adquisición de los conocimientos de ecología no serían garantía suficiente para un cambio duradero de actitudes y conducta ambientalista si los mismos no fueran acompañados de experiencias que involucren, además de la inteligencia, otros aspectos de los educandos como sus emociones, vivencias sobre el campo en un ambiente de aprendizaje, entre otros elementos.

El objetivo de este trabajo es describir experiencias didácticas para promover el aprendizaje de la ecología a través del trabajo de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló atendiendo a una metodología descriptiva, de campo, no experimental y documental.

La fase práctica-vivencial de la investigación consistió en la realización de cuatro trabajos de campo, dos al bosque xerófilo y dos al bosque de manglar de la Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, localizada en el Municipio Santa Rita del Estado Zulia, Venezuela en junio

de 2018 (I periodo académico) y octubre de 2018 (II periodo académico).

Los participantes de los trabajos de campo fueron estudiantes de la cátedra Ecología de la Mención Biología de la Escuela de Educación de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad del Zulia, y los autores de esta investigación fungieron como profesores (mediadores de dichas actividades didácticas), y los mismos se desempeñan como docentes en ejercicio de la mencionada cátedra.

Las áreas de estudio (entornos fisicoquímico-bióticos naturales) empleadas para los trabajos de campo se seleccionaron y exploraron previamente a objeto de conocer las características y atributos de los ecosistemas. En virtud de ello, se estableció un sendero (ruta o recorrido) a transitar durante la actividad de 1,3 a 1,5 km aproximadamente de longitud y se delimitaron estaciones (precisión y fijación de espacios geográficos para la realización de las actividades prácticas).

Se emplearon dos grupos de estudiantes, correspondiendo uno para cada periodo académico de 2018. Cada grupo estuvo integrado por 24 estudiantes, organizados en equipos de tres (3) integrantes para la realización de las actividades.

Los trabajos de campo se llevaron a cabo a través del desplazamiento e

indagación in situ, por parte de los equipos de estudiantes, para hacer reconocimientos, descripciones, planteamientos de preguntas, formulación de hipótesis, búsqueda de explicaciones a las situaciones problema, ejemplificaciones, recolectas de muestras bióticas, medición de parámetros fisicoquímicos y análisis de los aspectos y contenidos ecológicos vistos (tratados y manejados) previamente en clase y presentes de manera ejemplificada en el ambiente circundante.

La información obtenida por cada equipo fue procesada y discutida por sus miembros y expuestas en mini sesiones plenarias ante el resto de los participantes. También se aplicaron las estrategias didácticas explicitación de objetivos, focal introductoria, señalizaciones: confirmación-reformulación-elaboración y repetición, cuadro C-Q-A (organizador gráfico aplicado antes y después de los trabajos de campo) y discusiones guiadas (Díaz-Barriga y Hernández, 2002); todo ello para la recolección de datos e información obtenidos in situ. Durante toda la actividad los docentes actuaron como mediadores del aprendizaje y los estudiantes tuvieron la oportunidad de toparse y enfrentarse, por iniciativa propia y organizados en equipos, con el entorno circundante.

Los trabajos de campo fueron evaluados a través de la consignación de un informe por cada equipo de estudiantes a los profesores de la cátedra cuyos datos sirvieron de hallazgos al presente estudio. También los docentes hicieron anotaciones en sus libretas de campo sobre los acontecimientos suscitados durante las actividades didácticas desarrolladas, incluyendo las conclusiones de las mini sesiones de discusión de los participantes.

De igual forma, los aportes suministrados por el cuadro C-Q-A (C = ¿Qué conozco?, ¿Qué quiero conocer? y ¿Qué aprendí?) (Díaz-Barriga y Hernández, 2002), junto al resto de las fuentes de información mencionadas, sirvieron de insumos para sistematizar los resultados de la investigación.

El estudio fue de campo dado que la data (información) o resultados obtenidos se recopilaron directamente en los ambientes geográficos (bosques xerófilo y de manglar) donde se desarrollaron las estrategias didácticas y las prácticas vivenciales. También la investigación se catalogó como no experimental dado que no se manipuló la variable objeto de estudio.

El carácter documental del presente estudio consistió en la realización de revisiones bibliográficas de los fundamentos epistemológicos que

sustentan la teoría del andamiaje de Bruner (1975), del aprendizaje significativo de Ausubel (1976), del aprendizaje sociocultural de Vigotsky (1979) y evolucionista de Toulmin (Siqueira y Porlán, 1997; Vera et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Explicitación de objetivos

La ejecución de las actividades del trabajo de campo se logró de forma óptima dado que hubo claridad y comprensión, por parte de los estudiantes, de la manera como se iban a desarrollar cada una de ellas (metodología). Esto se alcanzó, en gran parte, la explicitación de los objetivos que hizo el docente al inicio del trabajo. Las dudas e inquietudes, que surgían durante la ejecución de los trabajos de campo, fueron aclaradas por el docente.

Cuadro C-Q-A

El cuadro C-Q-A es un organizador gráfico, aplicado a los estudiantes, que consiste en la formulación de tres interrogantes autorreflexivas, es decir, los participantes se preguntan a sí mismos y de esta manera responder en relación al conocimiento que posee cada participante sobre los ecosistemas que va a visitar (¿Qué conozco?), la información nueva que desea conocer de dichos ambientes (¿Qué quiero conocer?) y finalmente se expresan los testimonios, por escrito, referentes a lo

que se aprendió, luego de realizados los trabajos de campo, (¿Qué aprendí?) acerca de los mismos.

La aplicación del organizador gráfico cuadro C-Q-A permitió indagar sobre el conocimiento que poseían los participantes, antes del inicio de los trabajos de campo, a través de la formulación de la interrogante C = ¿Qué conozco?, planteada a cada estudiante. Con el uso de esta estrategia se obtuvo información sobre las ideas previas que tenían los aprendices sobre el bosque xerófilo y de manglar, las mismas se agruparon en cuatro y ocho categorías para estos ecosistemas respectivamente, ver Tabla 1 y 2.

Estos conocimientos previos se convirtieron en una información didáctica valiosa tanto para el docente como para los estudiantes.

En el caso del profesor, las preconcepciones le permitieron actuar como mediador en el proceso exploratorio de los estudiantes en el campo, a solicitud de los mismos participantes, en casos como: aclarar situaciones de aprendizaje, enriquecer conocimientos y fortalecer explicaciones, basándose en esas ideas primarias cognitivas de los aprendices. Estos hallazgos coincidieron con lo señalado por Ausubel (1976), quien expone que el docente debe conocer sobre las preconcepciones de sus estudiantes, y a partir de ello enseñar en cuestión.

También para los estudiantes resultó de suma importancia contar con ideas

previas, dado que éstas conformaron el fundamento teórico conceptual o base cognitiva, aportada por los integrantes de cada equipo, para poder "enfrentar" y abordar las diferentes actividades prácticas durante los trabajos de campo.

De igual manera, el uso del cuadro C-Q-A demostró que el grupo de estudiantes adquirió conocimientos nuevos en relación a los que éstos previamente manejaban, luego de realizados los trabajos de campo y a través de las respuestas emitidas a la

pregunta A = ¿Qué aprendí?, Tablas 1 y 2.

Es importante destacar, que la información obtenida se agrupó en nueve y quince categorías para los ecosistemas de bosque xerófilo y de manglar respectivamente; revelándose de esta forma un incremento sustancial en la información aportada en relación con la correspondiente a las preconcepciones y además del surgimiento de conocimiento novedoso manejado por los participantes (aparición de nuevas categorías).

Tabla 1. Categorías del ¿Qué conozco? y del ¿Qué aprendí? del cuadro C-Q-A de los trabajos de campo al bosque xerófilo, Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela

Categorías del ¿Qué conozco?	Categorías del ¿Qué aprendí?
A. Localización geográfica	A. Localización geográfica
B. Condiciones climáticas y edafológicas	B. Condiciones climáticas y edafológicas B.1 Medición de humedad relativa, temperatura y velocidad del viento
C. Flora y fauna característicos	C. Flora y fauna característicos C.1 Características morfo-anatómicas (descripción de cactáceas) C.2 Necromasa C.3 Bacterias y hongos C.4 Hongos liquenizados
D. Adaptaciones de la flora y fauna	D. Adaptaciones de la flora y fauna D.1 Cripsis D.2 Adaptaciones en cactáceas D.3 Tricomas en olivo D.4 Semillas voladoras (dispersión de especies) D.5 Estomas en criptas D.6 Hojas pubescentes
	E. Interacciones E.1 Hemiparasitismo (pajarito-olivo) E.2 Epifitismo (bromelia epífita-planta soporte) E.3 Comensalismo (trepadora-olivo) E.4 Mutualismo (hongos liquenizados) E.5 Interacción entre serpientes
	F. Bienes y servicios F.1 Taninos del dividive
	G. Método del muestreo G.1 Delimitación de cuadratas (parcelas)
	H. Recolecta de insectos I. Alta diversidad biológica evidenciada por el contacto directo

Tabla 2. Categorías del ¿Qué conozco? y del ¿Qué aprendí? del cuadro C-Q-A de los trabajos de campo al bosque de manglar, Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela

Categorías del ¿Qué conozco?	Categorías del ¿Qué aprendí?
D. A. Localización geográfica	A. Localización geográfica
E. Parámetros fisicoquímicos	B. Parámetros fisicoquímicos
B.1 Hipersalinidad	B.1 Hipersalinidad
B.2 Suelo fangoso (barroso, pantano, humedal)	B.2 Suelo fangoso (barroso, pantano, humedal)
B.3 Suelo con poco O ₂	B.3 Suelo con poco O ₂
B.4 Alta concentración de azufre	B.4 Alta concentración de azufre
	B.5 Medición de parámetros (humedad relativa, pH, salinidad, temperatura)
	B.6 Olor desagradable por H ₂ S (Sulfuro de hidrógeno)
F. Flora y fauna característicos	C. Flora y fauna característicos
C.1 Presencia de hongos y bacterias	C.1 Presencia de hongos y bacterias
C.2 Descripción de las características morfo-anatómicas de los mangles	C.2 Descripción de las características morfo-anatómicas de los mangles
C.3 Dimorfismo sexual en cangrejos	C.3 Dimorfismo sexual en cangrejos
	C.4 Uso de nombres científicos en algunas especies
D. Adaptaciones de las especies de mangle al medio (halotolerantes)	D. Adaptaciones de las especies de mangle al medio (halotolerante)
D.1 Hidátodos para la excreción de sal	D.1 Hidátodos para la excreción de sal ^a
D.2 Neumatóforos para intercambio gaseoso	D.2 Neumatóforos para intercambio gaseoso ^b
D.3 Lenticelas para la respiración	D.3 Lenticelas para la respiración ^c
D.4 Zancos para fijación al suelo	D.4 Zancos para fijación al suelo
D.5 Ultrafiltración en raíces	D.5 Ultrafiltración en raíces
E. Definición del manglar por los mangles	E. Definición del manglar por los mangles ^d
F. Bienes y servicios	F. Bienes y servicios
G. Ecosistema de alta productividad	G. Ecosistema de alta productividad ^e
H. Tipos de mangles	H. Tipos de mangles
	I. Reproducción de los mangles
	II. I.1 Criptoviviparí ^f
	III. I.2 Viviparí ^g
	J. Ecotono
	K. Zonación

Continuación Tabla 2. Categorías del ¿Qué conozco? y del ¿Qué aprendí? del cuadro C-Q-A de los trabajos de campo al bosque de manglar, Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela

Categorías del ¿Qué conozco?	Categorías del ¿Que aprendí?
	L. Componentes bióticos predominantes L.1 Mangle rojo L.2 Cangrejos M. Método de muestreo (parcela) N. Interacciones N.1 Defoliación (cangrejos e insectos) N.2 Necrosis foliar (hongos y bacterias) O. Efectos antropogénicos O.1 Tala O.2 Desechos sólidos P. Recolección de muestras botánicas

^aUn participante manifestó que eran hidátodos modificados, ^bLos estudiantes lograron diferenciar los neumatóforos de mangle blanco y mangle negro, ^cLos aprendices evidenciaron solo su presencia en mangle rojo, ^dAlgunos estudiantes se sorprendieron porque anteriormente no habían visto un bosque de manglar, ^eSe relacionó con la observación de abundante materia orgánica en el suelo, ^fSe describió como característica común de los mangles blanco y negro, ^gSe describió como característica propia del mangle rojo.

Focal introductoria

En el desarrollo de la actividad se establecieron diálogos entre los estudiantes, y entre éstos y los profesores. Los docentes corroboraron que la estrategia focal introductoria promovió en los educandos el reconocimiento de características anatómicas modificadas de algunos seres vivos, y también permitió que éstos dedujeran que las mismas correspondían a adaptaciones ecológicas al ambiente en cuestión.

En esta explicación se señaló el ejemplo en el cual el docente logró concentrar la atención de los estudiantes al practicar un corte al tallo de un cactus columnar (“cardón de dato”, *Stenocereus griseus* de la familia Cactaceae) y formuló una serie de interrogantes sobre lo observado que conllevó a los estudiantes a participar, y respondieron que este órgano presentaba una anatomía suculenta para la reserva de agua y carbohidratos, concluyendo así que este rasgo

correspondía a una adaptación de la especie vegetal (planta adaptada a condiciones de sequía) que habita en el bosque xerófilo, Tabla 3.

De igual forma, esta estrategia facilitó a los estudiantes la identificación de elementos del contenido temático niveles ecológicos, dado que éstos fueron capaces de reconocer y comparar los caracteres morfológicos externos (fenotipo) de una agrupación de organismos (componentes bióticos) presentes en la escala espacio-temporal específica del ecosistema explorado. En esta ocasión, el profesor dirigió la observación de los educandos a un conjunto de plantas dispuestas en forma de roseta, con hojas alargadas, duras, puntiagudas y de bordes aserrados llamadas bromelias (“maya”, *Bromelia humilis* de la familia Bromeliaceae). La interrogante formulada por el docente se centró en plantear ¿qué les llama la atención de lo observado?, Tabla 3.

Tabla 3. Procesos básicos activados en estudiantes en trabajos de campo al bosque xerófilo y de manglar, Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela.

Estrategia aplicada	Experiencia	Procesos básicos generados*
1. Focal introductoria	1. Corte del tallo del cactus columnar	1. Fijación de la atención 2. Mejoramiento de la observación (agudeza visual) 3. Comparación 4. Discusión 5. Manejo y uso de material biológico 6. Identificación 7. Interconexión de conocimientos → Botánica (planta de la familia Cactaceae)
	2. Población de bromelias	1. Fijación de la atención 2. Observación (tamaño, hábito de vida) 3. Interconexión de conocimientos → Genética (fenotipo) 4. Interpretación → Nivel ecológico (población de bromelias), reafirmación de conceptos
2. Señalizaciones: confirmación-reformulación-elaboración y repetición	3. Neumatóforos	1. Observación (visual, táctil) 2. Interacción profesores-estudiantes 3. Uso, manejo y dominio del lenguaje biológico 4. Análisis y discusión 5. Interpretación compleja
3. Discusión guiada (situación de aprendizaje)	4. Caracteres morfo-anatómicos de plantas cactáceas	1. Fijación de la atención 2. Mejoramiento de la observación (agudeza visual) 3. Comprensión 4. Discusión 5. Análisis 6. Manejo y uso de material biológico 7. Identificación

* Relacionados con la experiencia de los docentes

Continuación Tabla 3. Procesos básicos activados en estudiantes en trabajos de campo al bosque xerófilo y de manglar de la Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita, estado Zulia, Venezuela

Estrategia aplicada	Experiencia	Procesos básicos generados*
3. Discusión guiada (situación de aprendizaje)	5. Planta cactácea con hojas	1. Fijación de la atención 2. Ideas previas (hicieron uso de ideas previas recientes) 3. Observación (agudeza visual) 4. Manejo y uso de material biológico 5. Comparación 6. Análisis 7. Inferencia 8. Conclusión → Es una planta cactácea
	6. Características morfo-anatómicas de los mangles	1. Fijación de la atención 2. Observación (visual, táctil) 3. Descripción 4. Comparación 5. Discusión 6. Análisis 7. Identificación de las especies de mangle } Uso y manejo de material
	7. Adaptaciones de las especies de mangle al ambiente	1. Fijación de la atención 2. Observación (visual y gustativa) 3. Identificación 4. Discusión 5. Análisis 6. Manejo y uso de material biológico (hojas)

*Relacionados con la experiencia de los docentes

A partir de allí los estudiantes respondieron que se trataba de un ejemplo de población integrada por 25 plantas llamadas bromelias (parecidas a la "piña"), localizada en el bosque xerófilo de la Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita del Municipio Santa Rita en el Estado Zulia, Tabla 3.

Señalizaciones: confirmación-reformulación-elaboración y repetición

El uso de las señalizaciones: confirmación, reformulación, elaboración y repetición, contribuyó a que los diferentes equipos de estudiantes abordarán situaciones en el campo, de acuerdo a su espíritu de curiosidad, intereses e inquietudes, que no se presentaban de manera muy clara y fácilmente evidentes (incógnitas difíciles de descifrar), y sobre los cuales centraba su atención y se sentían cautivados. Esto estimuló a los aprendices a la conformación de conversatorios de discusión en los que cada participante proponía su punto de vista o explicación para llegar a conclusiones reveladoras sobre el tema tratado.

Por ello, la constatación visual, la verificación de la "situación problema" través del contacto físico (tocar y palpar) y el intercambio de ideas por parte de los estudiantes, además de la participación de los docentes como mediadores en la reestructuración y manejo de las conceptualizaciones, originaron que se alcanzara un consenso entre los aprendices para el

manejo correcto del conocimiento ecológico de la temática abordada.

En tal sentido, se indicó el ejemplo de unas estructuras anatómicas cilíndricas de 8-10 cm de altura, dispuestas en sentido vertical en el sustrato del manglar y a "pie de árbol" de los árboles de "mangle negro" *Avicennia germinans* de la familia Aviceniaceae, que se convirtió en un verdadero tema controversial entre los educandos integrantes de un mismo equipo, así como también a nivel de los diferentes grupos de estudiantes.

Luego que los estudiantes realizaron planteamientos argumentados y expresaron propuestas defendidas por sus seguidores que daban la explicación acerca de lo tratado, y dada la situación abordada, el docente expresó: ¿qué son estas "puntas" de madera que sobresalen del suelo?, lo que generó diferentes opiniones, agrupadas todas estas en tres respuestas, sobre las estructuras observadas son: 1) "palitos", 2) raíces y 3) plántulas.

Para ello, el docente propuso a algunos de los partidarios de cada propuesta que expusieran los argumentos que fundamentaban su postura.

Durante el planteamiento de las explicaciones, algunas de las respuestas fueron descartadas luego de ser analizadas y debido a su inconsistencia lógica como fue el caso de que las estructuras correspondieran a "palitos", definidos estos como fragmentos o pedazos de estructuras de consistencia semileñosa parecidos a la madera, que

sobresalían del suelo y que se encontraban dispuestos de manera vertical.

Los profesores también propusieron a algunos estudiantes que extrajeran o arrancaran una de estas estructuras del suelo (confirmación), Tabla 3. Luego de llevar a cabo esta práctica se corroboró que las estructuras estaban fuertemente unidas a algo que debido a la gran dificultad para ser desprendidas, no era el sustrato (suelo); razón por la cual no se podía concluir que se trataran de plántulas de mangle (reformulación), Tabla 3.

Además de ello, los estudiantes pudieron comprobar que tampoco poseían las características que identifican plenamente a una plántula como son un pequeño tallo, hojas y raíces enterradas en el sustrato (confirmación).

Finalmente, y apoyado en las acciones llevadas a cabo, además de las condiciones del sustrato de manglar, reveladas por algunos estudiantes, referentes a que dicho sedimento es pobre en oxígeno (condiciones de hipoxia a anaeróbicas), se confirmó que las estructuras correspondían a raíces respiratorias empleadas para el intercambio gaseoso llamadas neumatóforos por algunas especies de mangles (elaboración), Tabla 3.

En cuanto a lo expresado, Toulmin sostiene que la evolución de los conceptos se basa en la existencia de distintas variantes en competencia (en el ejemplo expuesto: "palitos", raíces y plántulas) dentro de un conjunto poblacional dado, al igual que los mecanismos ambientales, que por

presión exterior u obtención de más méritos se seleccionan las mejores variedades en relación a un determinado contexto espacio-temporal y según las exigencias allí establecidas (Siqueira y Porlán, 1997; Vera et al., 2015).

Lo expuesto indujo a los estudiantes a inclinarse a favor de un postulado (selección de una de las opciones), luego de la verificación de las evidencias que se plantearon de cada una de las diferentes alternativas en debate. De esta forma se presentó un equilibrio entre continuidad y cambio que explica la permanencia de la innovación o la ruptura epistemológica; este doble mecanismo de selección crítica y de producción de innovaciones es el motor del desarrollo de la evolución conceptual (Siqueira y Porlán, 1997).

Por otra parte, el conjunto de actividades realizadas a través de la estrategia señalizaciones: (confirmación-reformulación-elaboración y repetición) reveló la utilización del enfoque epistemológico constructivista en el cual también se fundamenta la teoría evolucionista de Toulmin de acuerdo a Mellado y Carracedo (1983).

Esta ejemplificación del trabajo de campo en el manglar demostró los elementos que viabilizan la construcción del conocimiento, y por ende promueven el aprendizaje (González, 2001), como son:

1. La interacción entre los estudiantes, a través de un intercambio de ideas (discusión y análisis), para afirmar y

explicar que las estructuras anatómicas se trataban de neumatóforos.

2. Durante la actividad didáctica los aprendices se mantuvieron en contacto directo (in situ) con la estructura anatómica objeto de estudio, sobre la cual se fijó la atención y se hicieron observaciones (imagen visual y táctil) para corroborar y descartar los argumentos empleados, y a partir de estas indagaciones se hicieron las explicaciones correspondientes.
3. El uso de las preconcepciones (conceptos de Botánica sobre anatomía y morfología de las raíces, las condiciones anaeróbicas del sustrato donde habitan los mangles, entre otros) por parte de los estudiantes, además de su conexión con el conocimiento develado, demostró que el mismo resultó significativo.

También todo esto le permitió a los aprendices a comprender el funcionamiento de los mangles dentro del ecosistema de manglar, escenario didáctico natural que resultó novedoso para gran parte de los participantes.

Discusiones guiadas

Las discusiones guiadas se refirieron a situaciones encontradas en el campo sobre las cuales los estudiantes exploraron y hallaron material biológico que despertó su interés y ameritó una discusión intra-grupos, inter-grupos y con la participación de los docentes en calidad de mediadores y orientadores,

para indagar, viabilizar, reforzar y lograr la consolidación y adquisición nuevos conocimientos.

Durante los trabajos de campo los estudiantes mantuvieron un contacto directo y permanente con la naturaleza, que les permitió llevar a cabo actividades exploratorias a fin de abordar, descubrir y seleccionar situaciones de aprendizaje asociadas a temáticas ecológicas. Estas acciones promovieron la discusión a nivel de los equipos de participantes y guiadas por los profesores para el enriquecimiento del conocimiento individual y grupal. A continuación se describen algunas de las situaciones de aprendizaje:

Situación de aprendizaje 1. Caracteres morfo-anatómicos de plantas cactáceas

Estudiantes..."aprendimos sobre los diferentes tipos de cactus que para nosotros eran iguales y pudimos detallar las diferentes características que estos poseen como es el tamaño y disposición de las espinas que son hojas modificadas, el color de los tallos, la separación de las espinas, el color y la forma del fruto", Tabla 3.

La cita anterior reveló el papel protagónico que desempeñó la fijación de la atención y la observación (imágenes visuales), para que los aprendices lograran discernir de forma inequívoca la identificación de seres vivos, haciendo uso de los detalles de los caracteres externos de los organismos abordados (descripción).

La actividad exploratoria en una de las estaciones brindó a los participantes la oportunidad de lograr identificar, comparar, diferenciar, discutir y analizar de forma práctica algunas especies de cactus columnares, Tabla 3.

Para ello, los estudiantes centraron sus observaciones, y con orientación de los docentes, sobre aquellos rasgos y detalles botánicos que evidenciaron características diferenciales entre las especies, como eran color del tallo, número, grosor y longitud de las espinas, agrupación de las espinas en aureolas, forma y color del fruto, entre otras.

Situación de aprendizaje 2. Planta cactácea con hojas ("guamacho", *Pereskia guamacho* de la familia *Cactaceae*).

Estudiantes..."nos causó gran admiración la presencia de hojas en un tipo de cactus ya que pensábamos que ningún cactus tenía hojas, sino que solo poseían sus espinas que son sus hojas modificadas, y pudimos obtener ese conocimiento que anteriormente estaba errado", Tabla 3.

El párrafo anterior reveló un "choque cognitivo" generado entre las preconcepciones sobre la temática tratada y la experiencia innovadora de aprendizaje a la que se enfrentaron los estudiantes; lo que finalmente conllevó a la incorporación de este nuevo conocimiento y por ende a una reestructuración conceptual.

En relación a lo expresado, Toulmin sostiene que lo racional de las actividades intelectuales no está asociado con la coherencia interna de

los conceptos, ni con las creencias habituales de un individuo, sino con la manera con que cada persona es capaz de modificar su posición intelectual frente a experiencias nuevas e imprevistas (Siqueira y Porlán, 1997).

Esto experiencia permitió generar una reorganización de las ideas en los esquemas mentales de los estudiantes, reconocer e incluir los aspectos novedosos previamente desconocidos y que los educandos asumían que prácticamente eran improbables que existieran.

La experiencia con la planta de "guamacho" (cactácea con hojas) se presentó cuando algunos estudiantes fueron capaces de fijar la atención y reconocer la similitud anatómica y la forma como se disponían las espinas en el tallo de este árbol (observación) en comparación con las correspondientes a los cactus columnares previamente identificados; esto les permitió analizar y finalmente concluir y afirmar que esta planta también correspondía a una especie de cactácea, Tabla 3, aunque la misma presentara un rasgo estructural incongruente e improbable para ellos, como lo es la presencia de hojas.

Esta situación se presentó luego que los estudiantes ya habían identificado y comparado, previamente, varias especies de cactus columnares a partir de los detalles botánicos, incluyendo la disposición de las espinas, señalados en la situación de aprendizaje 1, Tabla 3.

Situación de aprendizaje 3. Características morfo-anatómicas de los mangles

Estudiantes...“nos maravillamos con los diferentes tipos de mangles, particularmente nos encantó el mangle rojo, fue algo espectacular ver como sus raíces tan grandes sobresalen, solo podíamos apreciar esto por televisión, videos o en libros pero verlos, tocarlos es comprobar que existen y que son reales”, Tabla 3.

La cita anterior destacó la "potente energía didáctica" que posee la experiencia vivencial del contacto directo con la naturaleza (observación táctil y visual) y el uso y manejo de material biológico *in situ* como actividades prácticas de gran riqueza e importancia para corroborar, afianzar conocimientos y lograr nuevos aprendizajes, Tabla 3.

El reconocimiento diferencial de las especies de mangle constituyó uno de los principales retos motivacionales logrados por los estudiantes durante los trabajos de campo realizados al ecosistema de manglar. Para ello, la gran mayoría de los equipos de educandos recolectó material botánico (hojas, raíces, flores, frutos, porciones del tallo, plántulas y cortezas) de los diferentes mangles e hicieron comparaciones y discusiones a objeto de lograr la distinción y determinación (identificación) de cada una de dichas especies, Tabla 3.

Situación de aprendizaje 4. Adaptaciones de las especies de mangle al ambiente

Estudiante...“observamos directamente las adaptaciones que tienen estos árboles, por ejemplo, visualizamos los cristales de sal en el haz de la hoja e incluso los probamos y eran verdadera sal”, Tabla 3.

De igual manera, que en situaciones de aprendizaje anteriores, en esta nueva experiencia cognitiva se manifestó el poder que ejerce la fijación de la atención y la observación (imágenes visuales y gustativas) para describir e identificar rasgos físicos clave e importantes de los seres vivos. Así como también se mostró evidencia del mecanismo que operó para explicar la interrelación de la planta con el ambiente (sistema de eliminación del exceso de sal de la planta) y de esta manera se promovió la construcción del conocimiento, Tabla 3.

La relación de las especies de mangle con los parámetros fisicoquímicos que identifican al ecosistema manglar (interacción abiótica-biótica), además del fundamento teórico manejado por algunos participantes, marcó la pauta para que los equipos estudiantiles indagaran sobre las adaptaciones especializadas de estas especies botánicas particulares a su ambiente.

A objeto de alcanzar tal desafío, se promovió en los aprendices la observación, el intercambio de ideas, la discusión, la consulta a los docentes, el análisis, la interconexión de

conocimientos, el manejo y uso del material biológico, la interdependencia compleja, entre otros aspectos, Tabla 3.

En concordancia a los planteamientos realizados en las situaciones de aprendizaje descritas previamente, se ha señalado que las metodologías basadas en los descubrimientos guiados proporcionan a los estudiantes oportunidades para manipular de forma activa y realizar actividades que los animen a buscar, explorar, analizar o procesar de alguna otra manera la información que reciben en lugar de solo responder a ella.

Vinculación de algunas teorías de aprendizaje con las actividades realizadas en los trabajos de campo

Las diferentes actividades didácticas desarrolladas durante la realización de los trabajos de campo al bosque xerófilo y de manglar permitieron afirmar que en ellas se puso de manifiesto la aplicación de los fundamentos básicos de algunas teorías del aprendizaje.

En el caso de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1976) se demostró el rol protagónico que tiene el uso de las ideas previas como “piso” o base cognitiva preexistente para así poder incorporar (“encajar o engranar”) el conocimiento novedoso recientemente obtenido. Esto le confirió además un rasgo de sentido valorativo y de estimación al conocimiento nuevo que los estudiantes incorporaron a sus marcos conceptuales.

En la situación de aprendizaje referente a la identificación detallada

de las especies de mangle, lograda por los estudiantes en el campo, éstos dieron inicio a esta actividad partiendo del conocimiento teórico que poseían sobre la existencia de diversas especies denominadas mangle rojo, mangle blanco, mangle negro y mangle de botoncillo, sin saber sobre el reconocimiento y la distinción de una especie en relación a la otra. La conjunción de la experiencia cognitiva previa y la obtenida en los trabajos de campo fortalecieron y enriquecieron de forma significativa el conocimiento sobre estas especies vegetales.

Los aportes de la teoría de Vigotsky (1979) se manifestaron en los trabajos de campo a través del papel mediador de los docentes en todas las situaciones de aprendizaje. Aunado a esto se debe destacar que el desempeño de los estudiantes, en equipos de tres participantes, promovió la repartición de responsabilidades, roles y tareas, así como también el compartir o refutar las opiniones que se tenían sobre las discusiones y análisis que se presentaban; resultando todo esto en una interacción socializadora.

De igual modo, las actividades prácticas como la recolecta de muestras botánicas y zoológicas, la descripción de detalles morfo-anatómicos de las especies, entre otras situaciones, demandó la consulta y ayuda mutua (cooperativa) de los compañeros participantes, apoyadas en la teoría sociocultural. Todas estas prácticas de sinergismo entre los educandos resultaron en un mejor afianzamiento de los conocimientos

aprendidos durante los trabajos de campo.

Por otra parte, el concepto de “andamiaje” de Bruner (1975) estuvo presente durante el desarrollo de los trabajos de campo y representado por las estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje de los estudiantes; destacando, además de ello, que el campo demostró ser un escenario didáctico que contribuyó al cumplimiento de estas estrategias.

CONCLUSIONES

Las experiencias y estrategias didácticas alcanzadas y desarrolladas durante los trabajos de campo conjugaron la participación activa de los estudiantes, el uso de sus conocimientos previos para la adquisición de nuevos conocimientos y la consolidación de novedosos aprendizajes ecológicos.

La observación directa y vivencial se constituyó en la herramienta principal para que los estudiantes se abrieran paso ante los deslumbrantes aportes didácticos del campo.

REFERENCIAS

Acosta Faneite, S. y Boscán Andrade, A. (2014). Estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje significativo de la Biología en la Escuela de Educación, Universidad del Zulia. *Multiciencias*, 14(1), 67-73

Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México

Bruner, J. S. (1975). *Early social interaction and language acquisition*. London: Academic Press

Di Salvo, A., Romero, N. y Briceño, J. (2009). Estudio de los ecosistemas desde la perspectiva de la complejidad. *Multiciencias*, 9(3), 242-248

Díaz-Barriga, F., y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 465 p

Fernández Manzanal, R. y Casal Jiménez, M. (1995). La enseñanza de la Ecología. Un objetivo de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 295-311

González, A. (2001). Un vistazo al constructivismo. *Correo del Maestro*, 65, 21-24

Mellado, V. J. y Carracedo, D. (1983). Contribuciones a la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339

Sauwéns, A. (1988). *Política institucional de un programa de trabajo de la Geografía a Nivel Superior*. Trabajo de ascenso. Maracay, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico Maracay

Siqueira, J. B. y Porlán, R. (1997). La epistemología evolucionista de Stephen Toulmin y la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 39, 17-26

Vera, A. (2007). *¿Para que enseñar Ciencias Naturales en la Educación General Obligatoria?*. Seminario Fundamentos para la Enseñanza de las Ciencias. Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Consultado: 10 de Mayo de 2019. Disponible en:

<http://www.foroswebgratis.com/tema->

Vera, A., Fernández, O. y Bravo de Nava, E. (2015). Teoría evolucionista de Toulmin: fundamento epistemológico para el aprendizaje

de la Ecología. *Multiciencias*, 15(2), 156-162

Vigotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos superiores*. Editorial Crítica. Barcelona, España



Importancia de la gestión de proyectos en la construcción civil de un teleférico

Importance of project management in the civil construction of an urban cable transport system

Jorge Antonio Molina Galván

jorgemolinag77@hotmail.com

Código ORCID: 0000-0002-0949-7450

Universidad Privada Boliviana, Bolivia

< Artículo recibido en septiembre 2020

< Arbitrado en octubre 2020

< Publicado en enero 2021

Resumen

La gestión de proyectos en la construcción civil y el análisis de casos reales cobraron importancia en las últimas décadas, así este estudio se propone analizar en retrospectiva la gestión del proyecto de construcción de la infraestructura de un teleférico, manifestando problemas y soluciones adoptadas durante su ejecución. Aplicando el método estudio de caso (Líneas Blanca y Celeste del Teleférico de La Paz, Bolivia), se investigó y evaluó la gestión del proyecto, siguiendo 4 pasos: descripción del proyecto, identificación de problemas, retro análisis, descripción de soluciones implementadas. Esta metodología permitió identificar 5 problemas trascendentales, relacionados con: modificación de la funcionalidad de operación, liberación de predios, cambios de trazado y modificación de la infraestructura e inestabilidad de taludes. Se concluye que frente a problemas de gran magnitud la gestión del proyecto fue crucial. Asimismo, resaltan lecciones aprendidas que son de gran utilidad para proyectos similares alrededor del mundo.

Palabras clave: Teleférico; Transporte por cable; Gestión de proyecto; Construcción civil

Abstract

Project management in civil construction and the analysis of real cases gained importance in recent decades. The purpose of the study is to retrospectively analyse the management of a cable car infrastructure construction project, showing problems and solutions adopted during its execution. Applying the case study method (Línea Blanca y Celeste of the cable car in La Paz, Bolivia), the project management was investigated and evaluated, following 4 steps: description of the project, identification of problems, back-analysis, description of implemented solutions. This methodology allowed the identification of 5 transcendental problems, related to: modification of the operation functionality, release of properties, changes of layout and modification of the infrastructure and slope instability. It is concluded that in the face of problems of great magnitude, the project management was crucial. They also highlight lessons learned that are especially useful for similar projects around the world.

Keywords: Cableway; Cable transport; Project management; civil construction

INTRODUCCIÓN

La competitividad de un país está estrechamente relacionada con el grado de desarrollo de la infraestructura de transporte de sus ciudades, ya que ésta permite la correcta interconexión de los centros de producción, distribución y consumo y el traslado eficiente de población a sus centros de trabajo. Adicionalmente, la modernización de la infraestructura vial y de las distintas modalidades de transporte repercuten en la calidad de vida de la población, al disminuir tiempos de viaje, optimizar costos y garantizar el acceso a los servicios; así como reducir los niveles de congestionamiento, contaminación, accidentes y demoras, Figueroa (2005) & Barbero (2016).

En este sentido, existen en diferentes países áreas urbanas que por la complejidad de condiciones particulares han demandado soluciones alternativas al transporte urbano tradicional. Este es el caso del transporte urbano en las ciudades bolivianas de La Paz y El Alto que ha sido constantemente estudiado y analizado a nivel estatal, debido a las condiciones críticas de congestionamiento, deterioro de vías y las deficiencias en los servicios provistos por los operadores tradicionales difícilmente regulados. Ante ello, el Sistema de Transporte por Cable (STC) surge en Bolivia como una solución ante las necesidades de transporte público de ambas ciudades, iniciando la construcción el año 2014, PNUD (2015).

Se presenta parte de la proposición teórica de que la gestión del proyecto tiene un papel fundamental para el cumplimiento de objetivos en la construcción de la infraestructura de obra civil de un sistema de transporte urbano por cable y se propone como objetivo realizar un retro análisis de la gestión del proyecto de construcción del teleférico en la ciudad de La Paz, Bolivia (Líneas Blanca y Celeste), manifestando la trascendencia de los problemas identificados y las soluciones adoptadas durante su ejecución.

El proyecto de construcción civil de este sistema es relevante para la comunidad científica debido a su dimensión y particularidades, aquí radica la necesidad de establecer un lineamiento de gestión técnico e ingenieril que permita materializar y hacer posible la construcción de la infraestructura para la operación y funcionamiento comercial del teleférico en área urbana, con ello se puede garantizar la ejecución integral de las obras traducidas en estructuras capaces de sostener la movilidad de este sistema de transporte por cable. Cada uno de los aspectos de gestión del proyecto durante la construcción es importante para asegurar la conclusión del proyecto, certificación para la operación y puesta en marcha del teleférico. Así, la gestión de un proyecto de tal magnitud es un caso de estudio de gran interés para instituciones y profesionales en el área de ingeniería civil, ya que las lecciones aprendidas sirven para futuros proyectos de construcción al alrededor del mundo.

En este sentido se ve la necesidad de conocer los antecedentes de proyectos similares, para tener un precedente de la importancia y complejidad que representa implementar un sistema de transporte por cable. Se presentan algunas experiencias de proyectos de construcción similares alrededor del mundo, el teleférico de Medellín, Colombia, se encuentra ligado a estaciones de metro, principalmente en zonas ubicadas en cerros y con mayor vulnerabilidad social.

Actualmente cuentan con cuatro líneas de teleférico, las cuales llegan a transportar entre 1,200 hasta 3,000 personas por hora, por sentido. Aún existen detalles de capacidad por solucionar, pues en ciertas estaciones, los pasajeros tienen que esperar hasta 30 min para poder abordar, cuando el recorrido es de aproximadamente 15 minutos. Aun así, el teleférico es mejor opción que usar el bus, pues este tarda una hora, Rincón (2013).

El teleférico del Estado de México, en México, fue creado con el propósito de trasladar a los pasajeros de las zonas más marginadas a la zona urbana del Valle de México. El teleférico recorre una distancia de aproximadamente 5 km en 17 minutos, por tierra, lleva alrededor de 40 min. Esta línea tiene capacidad para transportar hasta 6,000 pasajeros por hora y cada góndola alcanza una velocidad de hasta 18 km/h. Este teleférico ha sido diseñado para trabajar con energía solar, para reducir hasta 17,400 toneladas de CO₂.

La línea está conectada con una estación de autobús, Tapia (2016).

Por su parte, el transporte por cable ubicado en Santiago (Chile), cuenta con 14 torres y 46 cabinas. Está diseñado para poder llevar bicicletas y carros especiales para personas con capacidades diferentes. Existe otro teleférico en el Cerro de San Cristóbal, pero éste se usa únicamente como medio de transporte para los turistas, Flores (2017). Este mismo tipo de transporte en Caracas, Venezuela, recorre una distancia de 4.8 km en 17 minutos y cuenta con 144 cabinas con capacidad de hasta 8 personas, Montoya (2017).

El teleférico de Brest, Francia, circula sobre el Río Penfeld que divide la ciudad de Brest en dos, posee capacidad para 60 personas por un trayecto de 420 metros que realiza en menos de tres minutos. Tiene dos especificidades: cuenta con dos cabinas que no se cruzan, sino que una discurre por encima de la otra, y una parte de los cristales se tinta cuando el aparato se acerca a viviendas para preservar la intimidad de los habitantes, Nuessgen (2015).

En Estados Unidos, en la ciudad de Nueva York, este mismo transporte toma menos de tres minutos de viaje, una distancia de 940 metros donde la cabina, que puede transportar hasta 110 pasajeros, se eleva a una altura máxima de 76 metros. Inaugurado en 1976 y remodelado en 2010, mueve anualmente más de dos millones de pasajeros, Suárez (2017).

Y llegamos al teleférico de Bolivia, opera desde mayo de 2014, es el más largo del mundo, con una longitud de 36 km, 11 estaciones y con capacidad de transporte promedio de 20,000 pasajeros cada hora (Fase 1: Líneas Roja, Amarilla y Verde), une a las ciudades de El Alto y La Paz. A inicios del año 2020 se inauguró la ampliación de siete nuevas líneas para integrar a barrios periféricos en la urbe paceña (Líneas Azul, Naranja, Blanca, Celeste, Morada, Café y Plateada).

MÉTODO

documentación fue revisada sistemáticamente en busca de detectar problemas que hubieran podido causar alteraciones al desarrollo del proyecto, afectando al logro de objetivos contractuales.

Los resultados que se muestran son fruto de esta revisión documental, con la cual se obtuvo una valoración técnica en retrospectiva. Presentada en cuatro pasos: 1) descripción del proyecto, 2) causas y problemas identificados, 3) evaluación y retro-análisis y, 4) Soluciones implementadas.

Dada gran cantidad de información que se tuvo a disposición y que fue de vital importancia, este informe presenta la descripción de los documentos analizados y sintetiza de la gestión del proyecto según 5 macro actividades: 1) estudios y diseños (estudios TESA y complementarios), 2) ejecución, ingeniería del proyecto, 3) construcción, equipamiento y montaje, 4) puesta en marcha y, 5) operación y mantenimiento.

Se trata de una investigación con alcance descriptivo que aplica el método "estudio de caso", Martínez (2006). Siendo su unidad de análisis el proceso de ejecución del proyecto de construcción del teleférico en la ciudad de La Paz, Bolivia (Líneas Blanca y Celeste).

Para estudiar el proceso de ejecución del proyecto se aplicó la técnica de investigación y evaluación. Inicialmente se recogió información relevante referida al análisis de viabilidad, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre). Toda esta

A continuación, se identificaron cinco problemas de mayor relevancia, en cada uno de los casos se describió el suceso y se describieron las causas. Con relación a la evaluación y retro-análisis, siguiendo esta misma lógica, se procedió a evaluar por separado el papel de la gestión técnica del proyecto, valorando las posibles medidas y los factores a considerar. Finalmente, se presentaron las soluciones implementadas para cada problema.

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se presenta la descripción del proyecto que fue caso de estudio (construcción de la infraestructura del sistema de transporte por cable en área urbana, líneas Blanca y Celeste).

Línea Blanca: se encuentra emplazada en la ciudad de La Paz, su infraestructura está dispuesta en dos secciones, 2.847 metros de longitud, distribuidas en 4 estaciones (San Jorge,

Plaza Triangular, Busch y Plaza Villarroel), 26 torres y 131 cabinas, que se movilizan a 5 m/s, con capacidad de 3.000 Pasajeros-Hora/Sentido.

Tabla 1. Distribución de Estaciones y Torres en Línea Blanca

Línea	Sección	Long. (m)	Estación	Torres
BLANCA	1	716,78	Est. San Jorge (E-B2)*	T-B09 a T-B17 (8 torres)**
			Est. Triangular (E-B3)	T-B18 a T-B25 (8 torres)
	2	2.130,46	Est. Busch (E-B4)	
			Est. Villarroel (E-B5)	T-B26 a T-B35 (10 torres)

Línea Celeste: se encuentra emplazada en la ciudad de La Paz, su infraestructura está dispuesta en dos secciones, 2.595 metros de longitud, distribuidas en 4 estaciones (Libertador, San Jorge, Cancha Zapata y Prado), 26 torres y 155 cabinas, que se movilizan a 6 m/s, con capacidad de 4.000 Pasajeros-Hora/Sentido.

Tabla 2. Distribución de Estaciones y Torres en Línea Celeste

Línea	Sección	Long. (m)	Estación	Torres
CELESTE	1	986,55	Est. Libertador (E-Z1)	T-Z01 a T-Z08 (8 torres)
			Est. San Jorge (E-Z2)	
	2	1.768,53	Est. Zapata (E-Z3)	T-Z18 a T-Z26 (9 torres)
			Est. Prado (E-Z4)	

Para el estudio, el proceso general se sistematizó en 5 macro actividades (figura 1), el desglose es el siguiente: 1) Estudios y diseños, Estudios TESA y complementarios. Incluyen los estudios previos que corresponden a: Actualización del Estudio de identificación, topografía previa y el estudio de trazados. Además, se incluyen otros estudios complementarios. 2) Ejecución,

ingeniería del proyecto. Contiene los componentes de obras civiles, sistemas electromecánicos y complementarios y obras complementarias. 3) Construcción, equipamiento y montaje. 4) Puesta en marcha y 5) Asistencia técnica / acompañamiento a operación y mantenimiento durante el funcionamiento comercial / operación comercial.

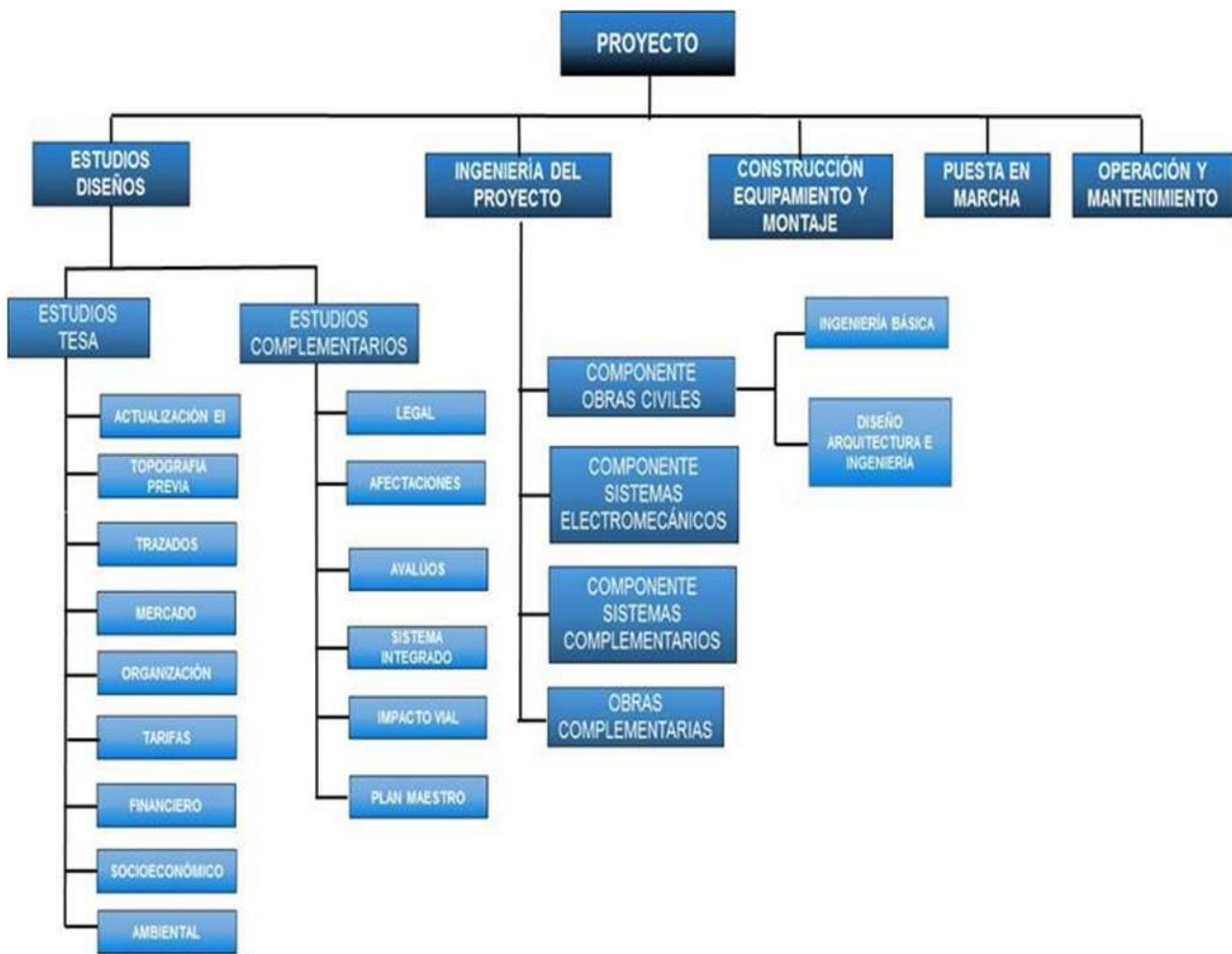


Figura 1. Proceso general del proyecto de construcción de infraestructura del sistema de transporte por cable en área urbana

A continuación, se presenta una síntesis de las actividades críticas del proyecto, se hizo énfasis en aquellas que implicaron una gestión activa en cuanto a la ejecución, control y evaluación.

Tabla 3. Síntesis de la gestión del proyecto según 5 macro actividades

Macro Actividades	Descripción de la actividad	Gestión de la actividad
Estudios TESA	Estudios Técnico Socioeconómico y Ambiente: fueron el soporte de la ejecución del proyecto. Su meta principal fue demostrar la sostenibilidad del proyecto, determinando en este caso la tarifa comercial con la cual los usuarios podrán hacer uso del medio de transporte por cable.	Para la correcta gestión del proyecto, dadas las dimensiones de este, se desarrolló una metodología de aprobación de documentos. La metodología fue aplicada a todos los estudios que constituyen el TESA, logrando un orden adecuado a lo largo de la ejecución.

Continuación Tabla 3. Síntesis de la gestión del proyecto según 5 macro actividades

Macro Actividades	Descripción de la actividad	Gestión de la actividad
Estudios complementarios	Estudios emergentes como consecuencia de la ejecución de las actividades de obra que permiten alcanzar la funcionalidad de infraestructura civil contemplado en desarrollo del Proyecto.	La gestión implica asegurarse que estos estudios sean considerados conforme el avance del Proyecto. Por esto fue crucial hacer un seguimiento continuo.
Ingeniería del proyecto	Actividades referidas al desarrollo a detalle de los estudios de ingeniería que de la mano con la arquitectura del Proyecto, consolidan los documentos para la construcción del Proyecto.	La gestión implica asegurarse que los estudios sean considerados conforme el avance del Proyecto. Por esto fue crucial hacer un seguimiento continuo.
Construcción, equipamiento y montaje	Ejecución en obra de las actividades contempladas en los estudios de detalle de ingeniería y arquitectura.	Fue de vital importancia mantener un buen relacionamiento entre las Partes responsables: Contratista, Supervisión y Fiscalización. Por otra parte, fue importante cuidar las relaciones con otros involucrados: Embajada de Brasil, vecinos afectados, entre otros. El cumplimiento de los plazos de entrega estuvo en riesgo en reiteradas ocasiones, se tomaron acciones inmediatas para evitar afectar la ruta crítica. Si embargo hubo dos ocasiones en que frente a factores externos y no se logró cumplir los tiempos programados. Se procesó entonces a respaldas lo motivos y se tramitó el Certificado de Constancia de Existencia de Impedimento debido a Fuerza Mayor.
Puesta en marca	Pruebas de funcionalidad del sistema de transporte por cable teniendo como meta final una certificación internacional que permite el abordaje de los pasajeros de manera segura.	Se dio la debida importancia al seguimiento a las pruebas, siendo vital el control del cronograma. Se gestionó y supervisó la implementación del programa "aprender haciendo", impartido por el Contratista y con la correspondiente Supervisión.
Operación y mantenimiento	La gestión del proyecto debe garantizar el correcto funcionamiento durante la vida útil de la infraestructura, para eso la supervisión en todas las etapas previas es primordial.	La gestión del proyecto previó en las etapas anteriores el correcto funcionamiento comercial. Por ejemplo, se evaluó cada 3 meses el comportamiento de los taludes en la atapa de construcción.

Durante la ejecución del proyecto existieron eventualidades que generaron modificaciones en cuanto al alcance, metodología y procedimientos constructivos, implicando con ello redistribución de los recursos económicos, humanos, materiales, equipo y maquinaria y repercutiendo a la vez en los plazos de cronogramas de ejecución para su puesta en marcha y funcionamiento comercial.

Se refleja las lecciones aprendidas y oportunidades de mejora durante la ejecución de la obra. Sirva esto como antecedente para futuros proyectos similares en el área del transporte y movilidad de pasajeros.

CAUSAS Y PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Por diferentes razones de índole técnico, social y/o legal, surgieron problemas que trascendieron más allá de los problemas tradicionales de construcción. Los problemas de mayor relevancia son:

Modificación de la funcionalidad de operación de la Estación E-B2

El contrato de obra establecía inicialmente que la Línea Blanca estaba concebida a partir de un trazado que conectaba las Líneas Amarilla y Verde en E-B1 y concluía en la E-B5.

A partir de una reevaluación de la demanda de usuarios de la Línea Celeste, esta requería iniciar en E-B1, lo cual afectó directamente a la Línea Blanca. Implicaría al mismo tiempo una modificación en el diseño de la

infraestructura de soporte y también en la fabricación del sistema electromecánico, considerando que ya se disponía de un cronograma inicial de ejecución de obra aprobado, generando reducción y eliminación del trazado entre E-B1 y E-B2 originalmente previstas.

Escaleras mecánicas en E-B2 para conexión con avenida

Según contrato de obra se tenía prevista la construcción de escaleras mecánicas en la E-B2 que permitían la conexión entre el edificio de E-B2 y el pasillo de conexión dispuesto a nivel de la avenida, logrando así superar el desnivel y garantizar un tránsito seguro y cómodo para los usuarios.

Realizado una reevaluación de este tipo de conexión, se identificó que las características topográficas del lugar no permitían implantar de manera adecuada las escaleras mecánicas, por otra parte, el tiempo que requería el usuario para llegar a la la avenida (aprox. 10 min) era excesivo, debido a la longitud que demandaban las escaleras para vencer el desnivel del terreno natural existente.

Liberación de predios para cimentaciones del Edificio de Ascensores en E-B2

A partir del contrato, se dispuso la implantación de un edificio de ascensores en E-B2 que permitía la conexión entre la E-B2 y la avenida.

Al momento de iniciar los trabajos previos de prospección geotécnica, se

concretó la inaccesibilidad a predios que pertenecían a terceros, debido a que existían intereses económicos y personales por parte de los copropietarios. Esto impidió que el proceso de liberación se desarrolle de manera normal, impidiendo iniciar las tareas de prospección geotécnica como de obras a posterior

El impedimento para ingresar a los predios dispuestos en el talud de la parte posterior de E-B2 afectó de manera directa al avance normal de la obra, generando atrasos de consideración en el cronograma de ejecución de la Línea Blanca. Se tuvo atrasos en la consolidación del diseño definitivo de la estructura como consecuencia de no contar con los estudios completos de prospección geotécnica de la zona.

Cambio del trazado y modificación de la infraestructura de la Línea Celeste

La Línea Celeste (Sur) debía tener un trazado que iniciaba en la Línea Verde. A partir de la actualización de los estudios de la líneas de demanda del STC realizada por el contratista, luego de recibir la orden de proceder, se detectó una demanda de usuarios desde la zona sur al centro de la ciudad de La Paz, por lo que se reevaluó la posibilidad de implementar una línea de teleférico que permita el transporte de pasajeros desde la zona sur hasta el centro paceño.

La implementación de esta nueva línea implicaba un incremento al monto

del Proyecto, situación que era poco factible debido al elevado costo que representaba en aquel momento, por otro lado, significaba una modificación de consideración a la infraestructura de soporte, además de los diseños y fabricación de los equipos del sistema electromecánico, no solo de esta nueva línea sino de aquellas que debieran conectarse (Línea Blanca).

Estabilidad de taludes y cimentaciones de E-Z2

A partir del contrato se dispuso la implantación de la Línea Celeste (Centro), que tenía prevista la construcción de E-B1, E-B2, E-Z3 y E-Z4. A consecuencia de los diseños del sistema electromecánico y de funcionalidad con respecto a la RIM de teleféricos, fue conveniente emplazar la estación E-Z2 sobre la E-B2.

Al momento de realizar los trabajos preliminares de prospección geotécnica se evidenció la disposición de material de relleno (no propio del lugar) en los estratos inferiores y talud del lugar de emplazamiento de la infraestructura de la estación, identificando por debajo del nivel de terreno el embovedado del Río Choqueyapu y en el talud la presencia de material de relleno saturado y con niveles freáticos variables.

Estos factores repercutían en una evaluación particular y una readecuación del diseño de la infraestructura de soporte del sistema electromecánico y, por tanto, demandaban mayor tiempo de ejecución de la obra que vulneraba el

cumplimiento de los plazos establecidos en el cronograma.

EVALUACIÓN Y RETRO – ANÁLISIS

Modificación de la funcionalidad de operación de E- B2

En su momento se dispuso de los siguientes documentos contractuales: contrato de obra, cronograma inicial de obra, DBCD y TDR, propuesta técnica aceptada.

Las causas del problema fueron: 1) Necesidad de implementar la nueva Línea Celeste (Centro). 2) Se tuvo que evitar el sobrevuelo sobre predios de la embajada del Brasil. El trazado original de la Línea Blanca hubiera demandado una serie de gestiones gubernamentales con la Embajada Brasileña para lograr la aprobación del sobrevuelo de las cabinas sobre esta. El cambio de trazo repercutía en el alineamiento del trazado definitivo de esta Línea y con ello nuevos estudios y diseños, generando así un atraso en el avance de las obras y cumplimiento de plazos contractuales.

En vista de estos argumentos de carácter técnico y legal se analizaron los siguientes aspectos antes de adoptar solución definitiva: Primero, para la implementación de la nueva Línea Celeste (Centro) se valoró los costos económicos que efectivamente ascendían a montos muy por encima del valor que el contrato permite por cualquier modificación (10%). Sin embargo, el problema no radica únicamente en ello, sino en la

disponibilidad del recurso y las gestiones y cumplimiento de procedimientos para disponer del monto adicional. Asimismo, ante la prioridad de insertar la nueva Línea Celeste (Centro), los alcances y objetivos de la Línea Blanca fueron cuestionados y se analizó su reducción, se buscó un escenario en el que fuera posible la conectividad de esta línea con la nueva y con la RIM de teleféricos. Por último, se analizó el punto de intersección físico entre las Líneas Blanca y Celeste, siendo este E-B2. La ubicación de este punto emplazado en una topografía compleja, con características geológicas variables por la configuración principalmente de los taludes, implicó la posibilidad de reestablecer la directriz inicial de construcción de las obras y a la vez la previsión para la fabricación de piezas del sistema electromecánico.

Escaleras mecánicas en E-B2

En su momento se dispuso de los siguientes documentos contractuales: contrato de obra, cronograma inicial de obra, DBCD y TDR, propuesta técnica aceptada.

Las causas detectadas fueron dos: a) El tiempo de salida del usuario desde la E-B2 hasta la avenida era relativamente extenso, se manejaba un tiempo aproximado de 10 a 12 minutos haciendo uso de las escaleras mecánicas. b) Complejidad en la materialización de la infraestructura de soporte de las escaleras. Por la configuración topográfica, la longitud de las escaleras requería una serie de

estructuras que dificultaría el posterior mantenimiento de los equipos.

En vista de estos argumentos se analizaron los siguientes aspectos antes de adoptar solución: a) Uno de los propósitos de la implementación de los teleféricos en área urbana es el de acortar distancias y otorgar un viaje seguro, eficiente y en el menor tiempo posible. La Línea Blanca inicialmente estimaba un tiempo de viaje (de E-B1 hasta E-B5) de 20 minutos. Con el trazado modificado (de E-B2 hasta E-B5) el tiempo reducía a 13 minutos, sin embargo, a este tiempo se añadió 11 minutos, que es el tiempo que demoraría el usuario en recorrer a través de las escaleras mecánicas desde el desembarque de la cabina en estación E-B2 hasta llegar a la avenida. b) El tiempo efectivo de viaje de la Línea Blanca resultaba ser 24 minutos, de los cuales el 46% representaba el viaje a través de las escaleras, situación poco aceptable. Por tanto, es aquí donde radica la reevaluación de la implementación de la estructura prevista en los TDR. c) El costo económico de una nueva estructura que permita reducir el tiempo de viaje efectivo, implicaría un incremento al monto del contrato, esto limitaba el tipo de solución a adoptar. d) Era necesario contar con un análisis preliminar de los tiempos efectivos de viaje desde el ingreso del usuario a E-B2 hasta la salida de este, el análisis debe ser cuantificado en los estudios preliminares que forman parte de los documentos de licitación del proyecto, a fin de evitar cambios de

consideración durante la ejecución de las obras.

Liberación de predios para cimentaciones del edificio de ascensores estación E-B2

En su momento se dispuso de los siguientes documentos contractuales: contrato de obra, cronograma aprobado del CM 1, DBCD y TDR, propuesta técnica aceptada.

Como principales causas se entienden: 1) Liberación tardía de terreno, debido a intereses personales de tipo económico por parte de los dueños del predio requerido para el desplazamiento de equipo de prospección geotécnica y posterior emplazamiento del edificio de ascensores como estructura de conexión entre la E-B2 y la avenida. 2) identificación y notificación tardía de los predios a ser expropiados para la implantación del edificio de ascensores.

Se analizaron los siguientes aspectos antes de adoptar solución: a) A la firma del CM 1, se establecen nuevos plazos contractuales para el FCOM LB. Se requirió la ampliación del tiempo estipulado inicialmente para la construcción de E-B2, ya que la ejecución de un edificio de ascensores de 42 m de altura (13 pisos), una pasarela y pasillo de conexión de longitud aproximada de 105 m hasta la avenida, representaba un volumen importante de obra en un solo frente de trabajo, como consecuencia de las características desfavorables de los estratos geológicos, topografía

accidentada y accesibilidad al lugar (liberación tardía de predios). b) Si bien, el CM 1 estima un plazo ejecución conforme a los rendimientos que son usuales en estructuras similares, la liberación tardía del predio para la ejecución de los trabajos fue repercutió sobre el normal avance del cronograma de obra modificado. c) Una vez que fue posible acceder al predio liberado, se evidenció, a partir de los estudios de prospección geotécnica, condiciones desfavorables para la implantación del edificio de ascensores. Por lo que la importancia de disponer de los estudios básicos jugó un papel fundamental para la elaboración de los diseños preliminares y definitivos.

Para el problema descrito, la liberación tardía afectó directamente a la ruta crítica para el FCOM de la Línea Blanca, debido a que se generó un atraso en la ejecución del edificio de ascensores y con ello se impidió la llegada de los usuarios a la avenida como destino final de viaje.

Cambio del trazado y modificación de la infraestructura de la Línea Celeste

En su momento se dispuso de los siguientes documentos contractuales: contrato de obra, DBCD y TDR, propuesta técnica aceptada.

Las causas del problema fueron: 1) A partir de la actualización de los estudios de demanda de los TDR, se detectó la conveniencia de implementar una nueva línea de teleférico que permita la conexión entre la zona Sur y el Centro

de la ciudad de La Paz, 2) Factibilidad técnica y económica, como consecuencia de una mejor redistribución de los recursos económicos asignados al Proyecto de teleféricos en su Fase 2.

Se consideró importante analizar tres argumentos antes de proceder: a) Suprimir la Línea Celeste (Sur) ya prevista en los estudios y documentos de licitación, implicaba la readecuación de algunos alcances del proyecto, que permitía abrir un nuevo escenario de socialización y adquisición de la licencia ambiental del nuevo trazado y justificación de la eliminación del trazado original. b) La actualización de los estudios de demanda de pasajeros a través de las encuestas de origen – destino, representa un documento indispensable de elaboración prioritaria al momento de la licitación del proyecto. Este documento ahorrará tiempos de reevaluaciones y actualizaciones en la etapa de construcción, identificando de manera temprana posibles mejoras para el sistema de transporte integrado. c) La redistribución de los recursos económicos permite analizar los escenarios de mejoras al proyecto, de manera integral con las líneas componentes de la RIM. Estos escenarios permitirán optimizar diseños de manera eficiente y a la vez generar mejoras en beneficio de los usuarios.

Estabilidad de taludes y cimentaciones de la Estación E-Z2

Para el análisis se dispuso de los siguientes documentos contractuales:

contrato de obra, cronograma aprobado del CM 1, DBCD y TDR, propuesta técnica aceptada.

Las causas identificadas fueron dos: 1) Disposición de información técnica insuficiente que no permitió identificar de manera clara y oportuna elementos estructurales antiguos, en este caso la existencia del embovedado del Río Choqueyapu. 2) Un evento externo de fuerza mayor durante la ejecución de los trabajos, el deslizamiento de un talud que delimitaba el área de intervención de la Estación San Jorge. Este aspecto afectó negativamente a la ejecución de esta estación, en el sentido que demandaría la reevaluación de una solución ingenieril para la estabilización del talud.

En vista de estos argumentos se analizaron los siguientes tres factores antes de adoptar solución: a) La existencia del embovedado del Río Choqueyapu por debajo de lugar de emplazamiento de la estación E-B2 representaba un obstáculo para el avance normal de las obras, siguiendo los diseños tradicionales de este tipo de estructuras de soporte. Por lo que esto implicaba evaluar y analizar el nuevo escenario y con ello las soluciones ingenieriles adecuadas. b) Es importante destacar que la información técnica sobre el alineamiento y emplazamiento del embovedado debe ser clara y precisa, situación que no fue así, debido a la carencia de información por parte del GAML. Se evidencia la importancia de tener los planos As-Built de toda obra ejecutada a fin de que en un futuro sean útiles para los posibles proyectos

que se ejecuten. c) La prospección geotécnica en taludes tiene su complejidad en cuanto a la movilización de los equipos necesarios, para el caso de estudio un equipo rotativo de perforación, sin embargo, lograr el desarrollo con éxito permite identificar posibles riesgos, además de una caracterización precisa de la geología.

SOLUCIONES IMPLEMENTADAS

Se presentan las soluciones implementadas en relación con los problemas estudiados en el caso de estudio:

Modificación de la funcionalidad de operación de E- B2

E-B2 cambió de ser una estación intermedia a una estación Terminal Motriz con la construcción de un garaje de cabinas (cap. 47 cabinas) y un edificio de ascensores (con 6-8 ascensores de cap. 18 personas).

Esta modificación definitiva respondió a la reducción del trazado original de la Línea Blanca en el tramo comprendido entre E-B1 y E-B2.

Como parte de la solución se ejecutaron obras complementarias: intercambiador modal para transporte público (Buses Puma-Katari, taxis y minibuses), estabilidad de taludes colindantes en la parte posterior de la estación y accesos vehiculares para trabajos de mantenimiento de la infraestructura.

Escaleras mecánicas en estación E-B2 para conexión avenida

Como solución definitiva se ejecutó la construcción del edificio de ascensores de 42 m de altura y 6 ascensores de capacidad para 18 personas cada uno. Esta estructura permitió reducir el tiempo efectivo de los usuarios logrando un tiempo de 15 min, por otro lado, garantizaba un tránsito seguro y confortable para los usuarios, sin dejar de lado una mejora en cuanto a la accesibilidad del personal técnico y equipo para trabajos de mantenimiento del sistema e infraestructura civil.

Liberación de predios para cimentaciones del edificio de ascensores estación E-B2

La liberación tardía de los predios afectó directamente a la ruta crítica del cronograma de ejecución de la Línea Blanca. Como solución a este conflicto a causa de un tercero y condiciones geológicas desfavorables, se emitió por parte de la supervisión un certificado de "constancia de existencia de impedimento debido a fuerza mayor" a fin de respaldar los tiempos constructivos para la conclusión de los trabajos.

Con el fin de optimizar y evitar plazos extensos que demoren mucho más el FCOM LB, se modificó la metodología y proceso constructivos del edificio de ascensores, con el uso de encofrados metálicos prefabricados para la ejecución de vigas y columnas, y al mismo tiempo con la construcción de estructuras mixtas de H°A° con perfiles

metálicos en los niveles últimos del edificio.

Cambio del trazado y modificación de la infraestructura de la Línea Celeste

Se adoptó el nuevo trazado de la Línea Celeste (Centro) que iniciaba en E-B1 (Líneas Amarilla y Verde), pasaba por E-BA, E-Z3 y concluía en E-Z4.

El cambio de trazado implicó la construcción de 4 estaciones y 26 torres, con 155 cabinas en circulación y una capacidad del sistema de 4000 pasajeros/hr. El tiempo de recorrido de la línea es de 14 minutos, siendo esta línea una de las más rápidas por la velocidad que permite el sistema de 6 m/s.

Estabilidad de taludes y cimentaciones E-Z2

Como solución al problema en la E-Z2, se implementó un sistema de pilotaje para el soporte de la obra civil funcional (mástiles y torres), edificio de estación y obras de contención del talud. Los pilotes de hormigón armado han alcanzado una profundidad media de 20 m, 0,90 m de diámetro haciendo un total de 127 pilotes para cimentación de las estructuras mencionadas.

Este sistema de pilotaje garantizó la estabilidad del sistema y del edificio, sin que ello afecte a la estructura ya existente del embovedado del río Choqueyapu, por lo que

la solución ingenieril ha sido la más idónea y adecuada para las condiciones existentes del lugar.

La implementación de esta solución estructural representó una modificación al plazo de entrega para FCOM LZ, por lo que fue necesario respaldar el mismo con la elaboración de un certificado de “constancia de existencia de impedimento debido a fuerza mayor” según las condiciones vigentes del contrato.

CONCLUSIONES

El método de caso de estudio, acompañado de la técnica de investigación y evaluación, permitieron reflejar los aspectos técnicos necesarios para la ejecución del proyecto, de manera ordenada se estudió las etapas evolutivas y de construcción, alcanzando la finalización del proyecto con la puesta en servicio para los usuarios. Se evaluó que la gestión del proyecto implicó un adecuado seguimiento, control y supervisión que, a la vez, permitieron su la correcta ejecución. De esta manera, quedó demostrara la proposición teórica y se afirma que la gestión de proyecto tiene un papel fundamental para el cumplimiento de las exigencias del cliente, en este caso la entidad contratante EETC – MT.

Se logró reflejar la gestión técnica con un adecuado seguimiento, control y supervisión para la construcción de la infraestructura del sistema de transporte por cable, con base al caso de estudio de las Líneas de teleférico Blanca y

Celeste, las cuales forman parte de la Red Integral Metropolitana (RIM) emplazada en la ciudad de La Paz. Se demuestra que la ejecución ordenada y secuencial de las actividades bajo el cumplimiento de las especificaciones técnicas permite alcanzar y dar cumplimiento al objeto principal del contrato. Asimismo, otorgar al usuario un sistema de transporte urbano eficiente, cómodo y seguro en un escenario complejo como es la ciudad de La Paz.

El análisis de la gestión técnica realizada en el presente caso es un referente para proyectos similares, coadyuvando en la construcción y puesta en servicio de teleféricos en el mundo, ya que estos representan en nuestro medio un impacto tecnológico, no solo por la infraestructura moderna implantada para funcionamiento del sistema electromecánico, sino también porque otorga al usuario un medio de transporte urbano eficiente, cómodo, seguro y amigable con el medio ambiente.

Se enfatizó el componente de obras civiles con los aspectos técnicos vitales y necesarios que de manera ordenada muestran las etapas constructivas hasta su culminación con la puesta en servicio para los usuarios, La gestión del proyecto implicó asegurarse que los estudios TESA y los estudios complementarios sean considerados permanentemente a lo largo del avance del Proyecto.

La construcción ordenada y según cronograma de obra permitió dar paso al montaje de las piezas

electromecánicas, etapa en la cual se tuvieron mayores exigencias de control conforme a lo establecido por el compendio normativo. Esta etapa concluye con la realización de pruebas de funcionamiento al sistema con la verificación de una brigada técnica especializada de tipo internacional (TÜV SÜD Industrie Service GmbH), la cual fue la única autorizada para brindar la Certificación Internacional para Operación del Sistema.

Durante el avance de los trabajos, una de las preocupaciones mayores fue el inicio de operaciones del sistema para funcionamiento comercial, debido a que esto significa en primer lugar, un cumplimiento contractual existente, otorgar una alternativa de transporte eficiente, seguro y confortable a la ciudadanía y finalmente ingresos económicos a la empresa estatal. Sin embargo, las fechas fueron modificadas en la etapa constructiva, como consecuencia de implementar mejoras al Sistema de Transporte por Cable. Es importante analizar que se hubiera podido evitar la demora si es que se contaba con los estudios complementarios de manera oportuna.

Se identificaron los problemas y las soluciones adoptadas como consecuencia de la ejecución del caso de estudio, aquellos de mayor relevancia para el proyecto fueron: necesidad de escaleras mecánicas no previstas en estudios TESA y complementarios, impedimentos externos para liberación de predios para el edificio de ascensores en la estación

E-B2, trazado inicial línea blanca y celeste, estabilidad de taludes en estación E-Z2. El análisis de las soluciones implementadas refleja la importancia de la gestión técnica con un adecuado seguimiento, control y supervisión para la construcción de la infraestructura del sistema de transporte por cable.

Para la elaboración de los diferentes estudios y diseños que ha permitido la ejecución de las líneas, se ha dispuesto la elaboración de un compendio normativo, este instrumento es la base técnica sobre la cual se enmarcó el desarrollo de las actividades contempladas en el cronograma de obra. En él se encuentran plasmadas las normativas aplicadas, reglamentos y documentos técnicos que han garantizado dar cumplimiento a las especificaciones técnicas y términos de referencia exigidos por el cliente (EETC MT). Para ello se ha valido de los siguientes criterios de normativa a aplicar: norma local normativa internacional consulta internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbero, J. (2006). Transporte urbano. Giugale, MM, Fretes-Cibils, V. and JL Newman
- EETC. Empresa Estatal de Transporte por Cable (2019)., Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental STC La Paz – El Alto. Bolivia
- Figueroa, O. (2005). Transporte urbano y globalización: Políticas y efectos en América Latina. EURE. Chile
- Flores, M. (2017). Desarrollo de las bases de un modelo de mantenimiento aplicado a sistema de transporte por cable tipo teleférico en Chile

- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, N° 20 ISSN 1657-6276. España
- Montoya, H., & Coromoto, J. (2017). Anteproyecto arquitectónico y paisajístico de la estación San José, del sistema teleférico del litoral, Caracas–distrito Capital. Venezuela
- Nuessgen, M. (2015). Urban Ropeways in Europe. Creating Opportunities in urban development. European Institute for Sustainable Transport
- PNUD PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (2015), El nuevo Rostro de Bolivia: Transformación Social y Metropolización. Informe Nacional sobre Desarrollo Humano (2015)
- Rincón, E. & Ordosgoitia, I. (2013). Claves del Éxito en Teleféricos y su Articulación con Planes de Desarrollo Urbano Integral: Metrocables Medellín. Estudios de Transporte
- Suárez-Alemán, A., & Serebrisky, T. (2017). ¿Los teleféricos como alternativa de transporte urbano?: Ahorros de tiempo en el sistema de teleférico urbano más grande del mundo: La Paz-El Alto (Bolivia). Bolivia
- Tapia, V. (2016). Eficiencia Sectorial en la Administración Pública del Estado de México. México



Consideraciones para el dimensionamiento de soluciones de sistemas de gestión de edificios

Considerations for sizing of the solutions for the building management system

Sergio Andrés Rossells Lovera

sergiorossells@gmail.com

Código ORCID: 0000-0003-1665-4183

Universidad Católica Boliviana, Bolivia

< Artículo recibido en septiembre 2020

< Arbitrado en octubre 2020

< Publicado en enero 2021

Resumen

Si bien los Sistemas de Gestión de Edificios (BMS) generan ventajas competitivas, su diseño e implementación son complejos. Esta investigación provee las consideraciones mínimas necesarias para dimensionar una solución BMS. El desarrollo del proceso tiene un alcance descriptivo. La investigación fue validada mediante consulta a expertos e involucra la utilización de herramientas oficiales de Lenovo, Johnson Controls y propias. Como resultado de la investigación se propone un proceso para el dimensionamiento de soluciones que contempla los componentes de hardware, software y servicios mínimos para generar una propuesta de diseño. Se concluye que el proceso propuesto puede asistir y reducir tiempos en las tareas de diseño de soluciones integrales para BMS.

Palabras clave: Edificio inteligente; Sistema de administración de edificios; Solución BMS; soluciones para edificios inteligentes; arquitectura BMS

Abstract

Although Building Management Systems (BMS) generate competitive advantages, their design and implementation are complex. This research provides the minimum considerations necessary to size a BMS solution. The development of the process has a descriptive scope. The research was validated by consulting experts and involves the use of official tools from Lenovo, Johnson Controls and their own. As a result of the research, a process for the dimensioning of solutions is proposed that considers the hardware components, software and minimum services to generate a design proposal. It is concluded that the proposed process can assist and reduce time in the design tasks of integral solutions for BMS..

Palabras clave: Smart building; building management system; BMS solution; Smart building solutions; BMS architecture

INTRODUCCIÓN

Tal como expone Gökçe (2012), los Sistemas de Gestión de Edificios (Building Management System, a partir de ahora "BMS" por sus siglas en inglés) son sistemas informáticos que monitorean y controlan los subsistemas técnicos y de servicios de uno o más edificios. Individualmente proveen información en línea, histórica y tendencias sobre los subsistemas. Según Van Hoof (2018), los principales motivos para la inversión en BMS son la reducción de costos en la operación de instalaciones.

El consumo de energía de un edificio puede ser reducido con un BMS como explica Nguyen (2012), la correlación de información de consumo energético en edificios públicos o comerciales puede tener un gran ahorro. Según Gökçe (2012), el 40% del consumo de energía a nivel mundial corresponde al uso en edificios, tras la investigación de Osama (2018) se reconoce que en los Estados Unidos los edificios consumen 41% de energía del país. De manera similar en 2014, en la Unión Europea se reconoció que el consumo de edificios fue el 37% de la energía total, Osama (2018). En la Unión Europea según la Fundación Giner de los Ríos (2016) ya se consideran a los sistemas BMS como una herramienta para optimizar los recursos energéticos de los edificios.

Esta investigación tiene por objetivo proponer un proceso que incluya las consideraciones mínimas necesarias para dimensionar adecuadamente una solución BMS, contempla el dimensionamiento de componentes de hardware, software, servicios e

interacción de subsistemas. La implementación de soluciones integrales de BMS requiere un equipo multidisciplinario capacitado en infraestructura de tecnología, manejo de datos, ciberseguridad, BMS y dispositivos de control (Vasques, 2011; Microsoff, 2019).

En la bibliografía revisada se encuentran documentos aislados o de propósito específico. Sin embargo, se ha detectado la necesidad de documentar sobre como dimensionar los componentes que comprenden una solución de BMS y las consideraciones específicas para el dimensionamiento del sistema integral. Este estudio es de gran utilidad para los profesionales que tienen la responsabilidad de dimensionar las soluciones de esta naturaleza. El proceso de dimensionamiento correcto evitará costos adicionales en la implementación, aporta una base de información para la ejecución del proyecto y explica los alcances del sistema.

El documento también se justifica por el aporte práctico y por los beneficios económicos que puede representar para empresas e industrias a nivel internacional, es una oportunidad de ahorro en los costos operativos de un edificio o complejo de edificios. Asimismo, debe considerarse la posibilidad de la extracción de la información del BMS hacia un sistema de inteligencia de negocios. Esto agregará más puntos de vista al sistema de inteligencia incrementando así el

valor de la información del sistema de apoyo para la toma de decisiones.

Con estos antecedentes, la investigación se constituye en una contribución teórica y práctica para todo profesional que requiera implementar soluciones BMS, el desafío es la recopilación, sistematización y adecuación de la teoría vigente sobre el objeto de estudio. El rigor científico con que se investigó y redactó los hallazgos dan valor teórico a estas páginas. A continuación, se presenta el marco de referencia del estudio. Como explica Astesana y Medina (2016), las soluciones BMS requieren hacer una introducción de los sistemas involucrados, para luego concentrar todos en uno principal que realiza el monitoreo y gestión de todos los sistemas técnicos del edificio. Así, se optimiza la funcionalidad de cada sector del predio o edificio y se logra mayor aprovechamiento de los recursos y servicios. Perry (2017), propone determinar el uso y utilidad que los subsectores empresariales dan y reciben al adoptar tecnologías inteligentes. Asimismo, plantea establecer si esta utilidad es relevante como para influir verdaderamente en el sector de la construcción comercial.

Por su parte, Osama (2018), contribuye definiendo todos los factores que intervienen en el proceso de diseño de un edificio inteligente y modelo conceptual que ayuda a reducir el dióxido de carbono emisiones. Otro aporte importante en este ámbito es el que presenta Van Hoof (2018), cuando

examina el estado del contexto de los espacios inteligentes y analizar lo que piensan los tomadores de decisiones al considerar y adoptar la tecnología de espacios inteligentes.

Applied Risk (2019), aporta con un enfoque crítico, cuestiona la utilidad y plantea la necesidad de determinar el nivel de vulnerables de los BMS. Asimismo, establece el papel de los proveedores de BMS en relación con los principios de seguridad por diseño. El estudio de Applied Risk finaliza resaltando la importancia de definir las responsabilidades de los usuarios finales de las soluciones BMS.

METODOLOGÍA

Se trata de un estudio de alcance descriptivo y corte transversal, que presenta un proceso para el dimensionamiento de soluciones BMS. El proceso se desarrolla en cuatro etapas: 1) consideraciones generales, 2) relevamiento de variables, 3) diseño de arquitectura y 4) consenso.

La etapa 1 demandó tratamiento cualitativo de las variables monitoreo y control, programación de equipos, registro histórico, análisis de datos e infraestructura tecnológica. Por otra parte, se trabajó desde una perspectiva cuantitativa a lo largo del desarrollo de las etapas 2, 3 y 4, las herramientas empleados son provistas por los fabricantes de hardware y software (Lenovo Data Center Solution Configurator, Johnson Controls), herramientas independientes (Iris), tablas

de cálculo (Excel), herramientas de dibujo asistido (AutoCAD®, Visio®) y herramientas propias para este propósito.

Para comprobar la pertinencia del proceso propuesto se aplicó la técnica de validación por juicio de expertos, el procedimiento consistió en consultar el dictamen de especialistas de marcas de cada componente del sistema y de empresas fabricantes de los componentes. Gracias a la orientación brindada por DATEC, empresa líder en el rubro de soluciones tecnológicas de Bolivia, se seleccionaron cuatro profesionales con especialidades en servidores y almacenamiento, redes de datos, BMS y arquitectura de soluciones de tecnología.

El relevamiento de variables y diseño de arquitecturas consideró como referencia las recomendaciones de los fabricantes para el uso adecuado del hardware y software. Los especialistas a su vez acceden a las herramientas de los fabricantes y cuentan con el apoyo directo del fabricante para la elaboración del diseño de cada componente.

RESULTADOS

En este apartado se presenta el proceso propuesto para el correcto dimensionamiento de soluciones BMS y se ejemplifica la aplicación de estos preceptos en un BMS para un hospital. La Figura 1 muestra en resumen las cuatro etapas y la información relevante que se procura en cada etapa. Este proceso puede iterar para realizar ajustes de presupuesto y cambios en el requerimiento original.

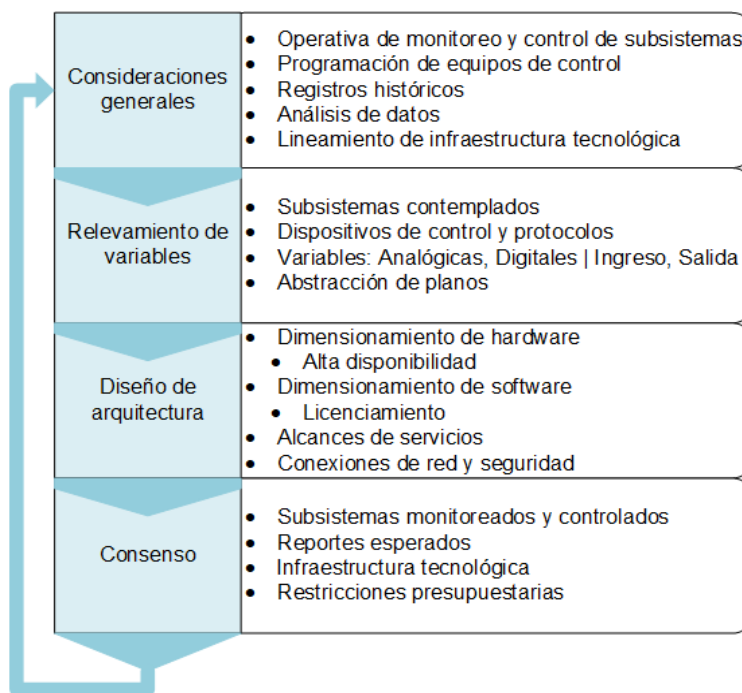


Figura 1. Etapas del proceso de dimensionamiento.

Etapas 1. Consideraciones generales

Dado que la implementación de una solución integral de BMS requiere habilidades multidisciplinarias en infraestructura de servidores, infraestructura de redes, bases de datos, virtualización, ciberseguridad, el propio BMS y los dispositivos de control que este vaya a gestionar. Se debe contar con los recursos capacitados en cada área para asesorar el dimensionamiento de cada componente que interactúe con la solución. Antes de empezar el proceso de dimensionamiento, el equipo a cargo deberá tomar en cuenta consideraciones generales relacionadas con los roles de control y monitoreo, programación de equipos de control, registro histórico, análisis de datos e infraestructura tecnológica. Entender a cabalidad los requerimientos ahorrará tiempo y esfuerzo más adelante, ya que se evitará readecuaciones innecesarias durante la fase de implementación. Se describen a detalle las consideraciones que deberán ser analizadas.

Monitoreo y control

Se deben considerar los roles una o más estaciones de monitoreo y control que permitan la administración de alarmas y eventos del edificio en tiempo real. El tamaño, complejidad y operativa del edificio, podrán demandar diversos roles de operadores y administradores para la gestión del edificio. También, se debe considerar la posibilidad de que la operativa requiere el enmascaramiento automático o

manual de información sensible en el desarrollo de las vistas para mantener la confidencialidad de la información. La segmentación de permisos y vistas de estos roles pueden impactar en la cantidad de estaciones de monitoreo, creación de vistas de los sistemas y el licenciamiento de estos dependiendo del tipo de acceso que se requiera (cliente pesado, cliente web, cliente móvil).

El monitoreo de subsistemas no solamente comprende la lectura y almacén de datos si no también proporciona información para la ejecución y programación de tareas de mantenimiento preventivo a los sistemas. La entrada de datos de subsistemas solamente monitoreados también puede aportar a la programación de comportamientos de sistemas controlados del edificio. Por ejemplo, tomando variables de entrada de CCTV para accionar dispositivos de iluminación.

Programación de equipos.

La información obtenida de los sistemas del edificio proporcionará la entrada para la configuración del BMS. De acuerdo con el tamaño, tipo y propósito del edificio, se deben definir comportamientos en función a las tareas operativas del edificio, ejecutar acciones sobre equipamiento, automatizar tareas en base a reglas o comportamientos, preparar flujos ante eventos imprevistos o periódicos. Asimismo, el diseño de estas tareas demandará horas de capacitación en el sistema para los operadores del

sistema de acuerdo con los privilegios de cada rol que se defina (ej.: operador, supervisor, administrador).

Registro histórico

La información histórica del BMS debe ser almacenada y retenida. La información histórica del estado de variables brindará una base para posterior análisis de datos. El almacenamiento de acciones de operadores, alarmas y eventos brindarán evidencias para fines de auditoría y control. El almacenamiento de la información operativa brinda la base para el diagnóstico de fallas, análisis de tendencias, aseguramiento de calidad, cumplimiento regulatorio y contabilidad. La capacidad de almacenamiento se verá afectada directamente por el volumen de información (transacciones) administrada por el BMS y el tiempo de retención (años) requerido de esta información. El tiempo de retención de datos puede estar sujeto a regulaciones del sector.

Análisis de datos

Las herramientas de análisis de datos son esenciales para la toma de decisiones de los operadores y administradores. Las capacidades más allá de filtros, búsquedas y clasificaciones de alarmas y otros atributos pueden requerir el desarrollo de reportes avanzados. El desarrollo de reportes avanzados puede impactar en más horas de servicio e incluso en licenciamiento adicional. Es recomendable considerar capacidades

para la extracción de datos, análisis estadísticos y generación de informes en esta etapa o para futuro. Esto puede comprender la integración a otros sistemas para mejor aprovechamiento de la información. Por ejemplo, integración de datos hacia el sistema contable para la imputación de gastos de energía por área. Parte de estas herramientas de reportería avanzada y análisis pueden ser provistas por el mismo fabricante de BMS.

Infraestructura tecnológica

El dimensionamiento de los componentes de hardware viene ligado directamente al volumen de información estos van a procesar y al nivel de disponibilidad requerido. El BMS es un sistema crítico del edificio. La falta de disponibilidad puede interrumpir la operación normal de los sistemas controlados. La cantidad de núcleos, memoria, redes y almacenamiento se pueden estimar de acuerdo con métricas del proveedor de software para BMS. La inclusión de una plataforma de virtualización brindará alta disponibilidad al sistema. La capa de virtualización incrementará la cantidad de núcleos, memoria y almacenamiento. La capacidad requerida para virtualización dependerá de las recomendaciones del proveedor del hipervisor. La solución de BMS deberá estar homologada por el fabricante para la virtualización. El almacenamiento también debe contemplar

componentes redundantes para garantizar la alta disponibilidad a través de arquitecturas tradicionales (DAS, SAN o Convergente) o a través de nodos Hiperconvergentes en el que cada nodo aporta capacidades de procesamiento y almacenamiento. Si se requiere infraestructura nueva (proyecto greenfield) para alojar al BMS, se debe tomar en cuenta la experiencia disponible de los administradores de sistemas para la gestión de la plataforma. En caso de falta de experiencia, las capacitaciones requeridas para aminorar la brecha. Durante el dimensionamiento de la infraestructura tecnológica también deben considerarse las licencias de software necesarias para habilitar la infraestructura. Asimismo, los contratos de soporte/suscripción de los fabricantes de software, hardware, hipervisores, sistemas operativos, bases de datos y conexiones de clientes/dispositivos.

También debe definirse el acuerdo de nivel de servicio que se requiere para la atención de incidentes del sistema, mantenimiento preventivo y horas de soporte.

Etapa 2. Relevamiento de variables

El BMS puede integrarse con diversos subsistemas del edificio como: almacenamiento de combustible, sistema de agua caliente, CCTV, climatización, control de acceso, sistemas de evacuación, distribución eléctrica, distribución de gases,

hidrosanitario, transporte vertical, iluminación, etc. La cantidad y tipo de variables dependerán de los subsistemas que se decidan integrar al BMS. Cada subsistema puede tener variables digitales y analógicas de entrada y de salida.

Es necesario contar con la participación de los instaladores de estos sistemas para la correcta consideración de variables y validación de protocolos de comunicación.

Los subsistemas que tengan variables de entrada permitirán conocer y medir estados (variables de monitoreo), en caso de existir variables de salida será posible definir escalas y estados (variables de control).

El correcto relevamiento de las variables es determinante para lograr un adecuado dimensionamiento de la solución BMS. El procedimiento implica conocer las características de los subsistemas y la configuración de sus variables, para posteriormente realizar la abstracción de sus componentes en el sistema. Es recomendable considerar la participación del ingeniero de cada subsistema para la obtención de los datos consolidados y validados. Se debe obtener la cantidad de variables digitales y analógicas y cuales de ellas son de monitoreo y control. Asimismo, los protocolos utilizados por los dispositivos de control. En esta etapa, también debe participar el equipo de redes de datos para validar la cantidad de puertos libres en switches de acceso para los dispositivos de control. Al mismo tiempo, se debe definir un esquema de ciber seguridad para proteger de la

mejor manera la transmisión de información entre dispositivos a través de la red de datos como el manejo de contraseñas seguras, mantenimientos programados para actualización de dispositivos, reglas de firewall, segmentación de redes por propósito, etc.

Las horas de servicio requeridas para la configuración de subsistemas en el BMS será impactada por el tipo y cantidad de variables, conexión a dispositivos de control, abstracción de dispositivos de campo, configuración de

los sistemas, configuración de reglas y comportamientos.

En esta etapa, también se debe obtener planos para conocer la disposición de los ambientes del edificio. La abstracción física de las áreas de edificio o complejo también impactarán en las horas de servicio.

Etapa 3. Diseño de arquitectura

Según se presenta en la Figura 2, toda arquitectura del BMS considera tres (3) capas.

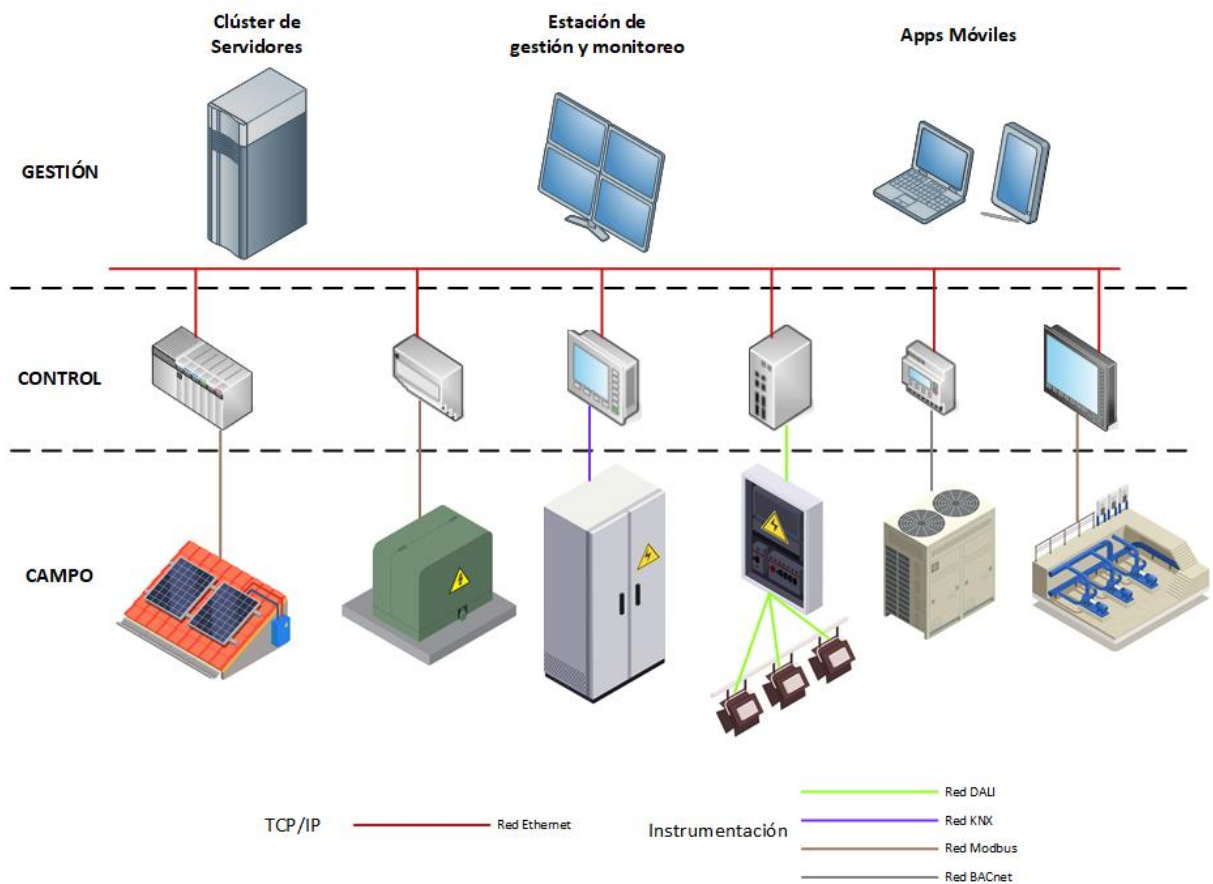


Figura 2. Arquitectura general de un Sistema BMS

El gráfico 2 muestra la arquitectura general del funcionamiento de un sistema BMS, que consiste en la interrelación entre: capa de gestión, capa de dispositivos de control y capa de dispositivos de campo. A continuación, se explica a detalle el objetivo de cada capa.

Capa 1, plataforma de gestión.

Comprende los servidores o clúster que alojan a los servicios del BMS. Se encuentran las estaciones de monitoreo y control para la gestión del edificio. A este nivel, también se realiza la integración a otros sistemas (Video Management System, Control de Acceso, Directorio Activo, Bases de Datos, Herramientas de análisis, etc.). Las comunicaciones en esta capa se realizan a través de TCP/IP. En este nivel se abstraen los subsistemas del edificio para su gestión, monitoreo y control. Se realizan las programaciones de horarios, comportamientos del edificio, reglas y condiciones. Asimismo, la generación de vistas para monitoreo en línea y reportes históricos de tendencias, eventos y alarmas.

Capa 2, control de procesos. Esta capa comprende los dispositivos de control y monitoreo específicos a los subsistemas del edificio. Estos pueden comprender detección y supresión de incendios, transporte vertical, distribución y generación eléctrica, sistemas de confort, iluminación, persianas, calidad del aire, control de acceso, CCTV, intrusión, etc.

Los dispositivos de control son propios de cada subsistema (eléctrico, confort, transporte, etc.). El dimensionamiento,

distribución e instalación de ellos está sujeto al diseño cada sistema al que pertenecen. Es decir, son provistos y mantenidos por los instaladores/mantenedores del sistema. Estos dispositivos deben contar con un puerto en la red de datos (TCP/IP) para comunicación con el BMS y con conexiones hacia los dispositivos de campo formando la red de instrumentación. La red de instrumentación puede utilizar protocolos de comunicación industriales con los dispositivos de campo (Ej.: Modbus, BACnet, KNX, DALI, OPC, SNMP, etc.). Los dispositivos de control son la pasarela de interconexión entre la red de datos y la red de instrumentación.

Capa 3, dispositivos de campo.

Controlados directamente desde la capa de control, los dispositivos de campo obtienen información (sensores de: estado, temperatura, luz, movimiento, etc.) y controlan mecanismos de los subsistemas (válvulas, interruptores, actuadores, motores, etc.). En esta capa se debe realizar la conexión con los componentes propios de los subsistemas técnicos del edificio. La provisión, instalación y configuración de ellos están sujetos al diseño cada subsistema. Cada uno de estos de elementos será abstraído en el BMS.

Dimensionamiento de hardware y software

Para que el correcto dimensionamiento de la solución, se debe considerar los componentes de conexión de redes y servidores, según se muestra en la Figura 3 como referencia.

En la Figura 3 se presenta el diagrama de conexión a nivel de red de datos. Es importante considerar redundancia de conexiones de red en los servidores y equipos de red para incrementar la disponibilidad ante fallas o mantenimientos. Las controladoras de campo, una vez conectadas al servidor, envían lecturas (monitoreo) hacia el BMS y reciben instrucciones (control) desde el BMS. Dependiendo el proveedor del sistema, las controladoras también pueden disponer puertos para conexión

redundante. También se debe considerar que la alimentación eléctrica de las controladoras pueda ser a través de PoE (Power over Ethernet). La cantidad de dispositivos conectados y alimentados a la red de acceso impactará en el dimensionamiento de switches de acceso. Este proceso no contempla el dimensionamiento de switches de acceso. Sin embargo, esta información relevada en esta etapa puede disparar adecuaciones previas al sistema de red de datos.

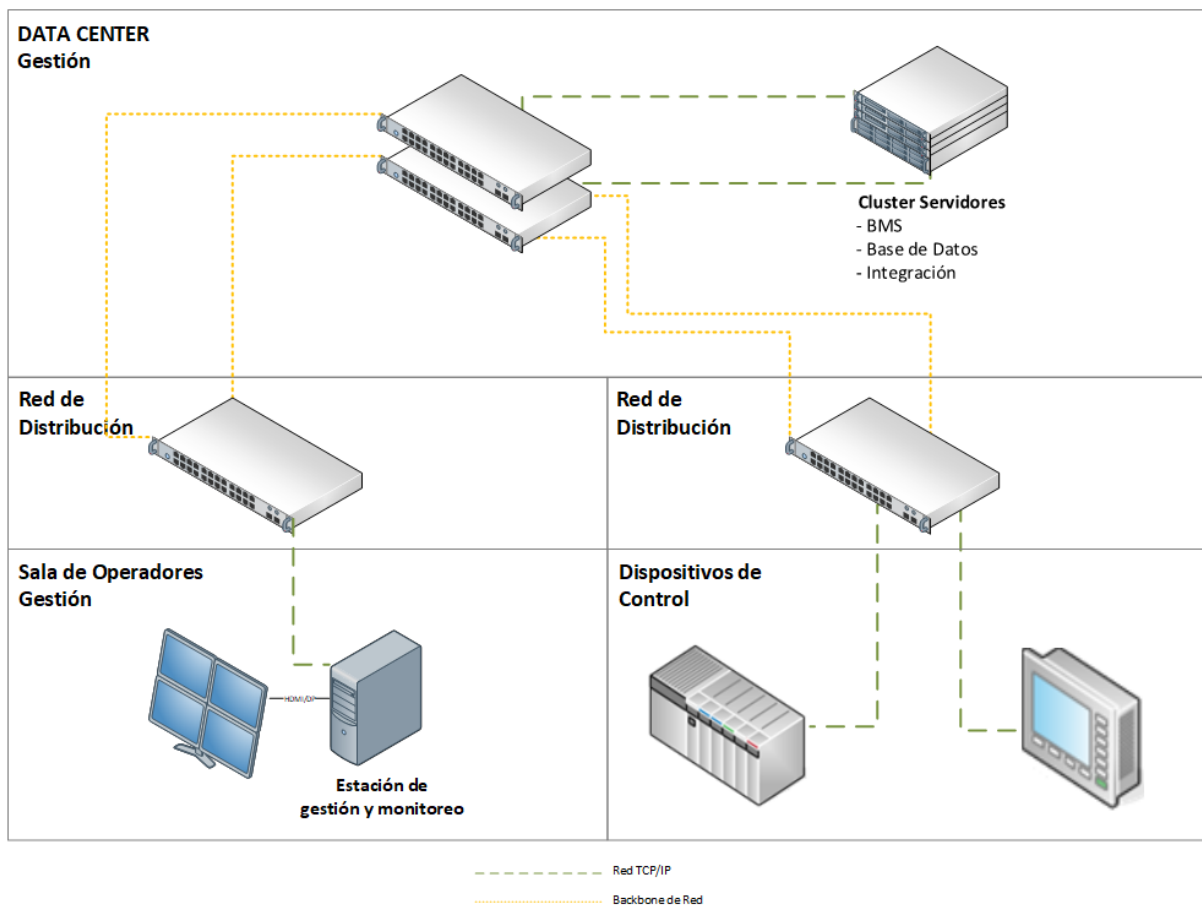


Figura 3. Conexiones de red de datos.

El dimensionamiento del equipamiento de servidores deberá realizarse de acuerdo con la cantidad de variables consideradas, según las recomendaciones de los fabricantes y las tablas de dimensionamiento de hardware. Con estas métricas es posible dimensionar las especificaciones requeridas para el sistema. La provisión de infraestructura puede requerir un clúster nuevo o habilitación de recursos sobre infraestructura existente.

En el caso de que el proyecto demande infraestructura nueva, se recomienda un clúster de servidores con

propósito específico. El clúster habilita capacidades para alta disponibilidad de los servidores del sistema BMS, bases de datos y otros servicios de integración (control de acceso, directorio, etc.). Es necesario dimensionar las especificaciones de los servidores físicos considerando un porcentaje de crecimiento.

Adelante se presenta un diagrama de alto nivel de un clúster de servidores contemplando conexiones redundantes en la red de datos (LAN) y la red de almacenamiento (SAN) (ver Figura 4).

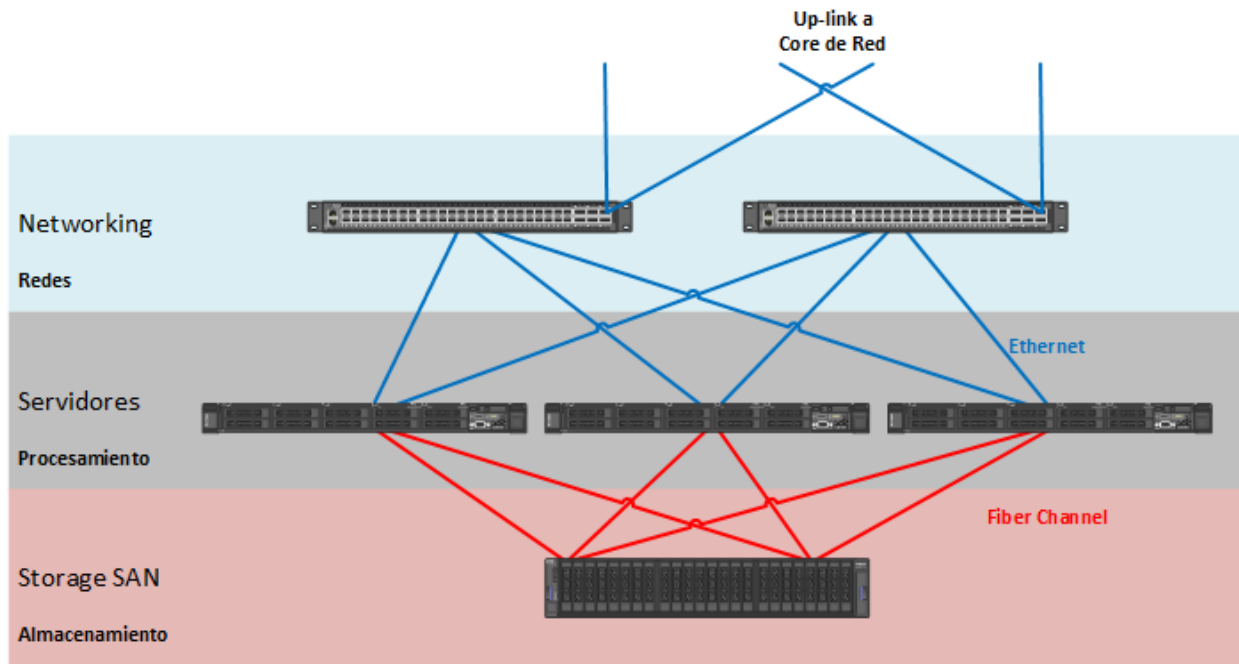


Figura 4. Clúster de servidores con storage SAN compartido.

Como se observa en el gráfico 4, la infraestructura de hardware deberá considerar redundancia en las conexiones entre los nodos de procesamiento, el almacenamiento y la red. Asimismo, la conexión hacia la red del edificio debe contemplar switches redundantes. Los switches de red pueden ser desestimados en caso de tener puertos disponibles en la infraestructura existente.

En cada servidor se deberá montar un hipervisor para virtualizar los recursos CPU, RAM, Almacenamiento y Redes. Así las cargas que se ejecutan en el clúster podrán migrar de manera inmediata ante eventualidades sin afectar la disponibilidad. Los componentes redundantes y la virtualización de hardware permiten al sistema seguir operando en caso de que un componente falle. La redundancia en el dimensionamiento de los servidores (de acuerdo con recomendaciones del fabricante) deberá contemplar proyecciones de crecimiento, de tal modo que en ningún momento se requiera usar el 100% de capacidad de los servidores. El clúster debe tener recursos disponibles para garantizar la disponibilidad en ante la falla de al menos 1 nodo.

De acuerdo con la plataforma de virtualización, se debe tener en cuenta las licencias requeridas por el fabricante para el funcionamiento de clúster. Asimismo, las licencias requeridas para los sistemas operativos de las máquinas virtuales que se ejecuten sobre la plataforma. El software también debe contemplar el licenciamiento de las

bases de datos requeridas más adelante. De igual forma, el dimensionamiento de éstas últimas dependerá de las recomendaciones del fabricante de BMS.

Es necesario tomar en cuenta las configuraciones necesarias para integrar el clúster a la infraestructura existente. Esta operación demandará horas de servicios para integración a dominios de seguridad, cumplimiento de normas de ciberseguridad y documentación. Asimismo, puede demandar la coordinación para configuraciones de dispositivos de red, reglas de firewall y herramientas de respaldo de información.

Etapa 4. Consenso

Con la información de cantidad y tipo variables por subsistema, dispositivos de control y sus protocolos, información del edificio y operativa del mismo, arquitectura de hardware definida e integraciones requeridas a otros sistemas se puede realizar el dimensionamiento de los componentes de hardware y software para la solución de BMS tomando en cuenta las consideraciones generales. Esta etapa puede iterar nuevamente el proceso de dimensionamiento de acuerdo con restricciones presupuestarias, brechas de experiencia encontradas o cambios de requerimientos en el sistema.

En esta etapa se concertará el alcance de la solución y los servicios que este conlleve. Se debe tener claro el alcance del sistema y las expectativas de este. Es recomendable poder segmentar el proyecto en fases para

poder sobrellevar restricciones presupuestarias.

Ejemplo: Arquitectura de solución BMS para un hospital

El objeto de estudio como ejemplo contempla el dimensionamiento del BMS para un hospital. El hospital comprende 2 edificios contiguos, Torre A con 8 niveles en una superficie de aproximadamente 1400m² y Torre B con 5 niveles en una superficie de aproximadamente de 2500m². Distribuidos se encuentran áreas para atención de emergencias, quirófanos, equipamiento de diagnóstico avanzado, consultorios de diversas especialidades, maternidad, neonatología, áreas de internación, terapia intensiva, laboratorios, bodegas climatizadas, servicios de lavandería, comedores de personal y de visitantes. Como transporte vertical, ascensores de personal en cada torre y ascensor de servicios en la torre B. Las azoteas de ambas torres se disponen para equipamiento de climatización. Los predios cercanos para el equipamiento eléctrico de generación y transformación eléctrica. Asimismo, almacenamiento de combustible y gases clínicos. Los sistemas de CCTV y Acceso están contemplados de acuerdo con las áreas comunes, equipamiento monitoreado y otras áreas de interés.

Con el objetivo de hacer más explícita la dinámica del dimensionamiento, se presenta brevemente su aplicación en el dimensionamiento de una solución BMS

para un hospital. A continuación, se detalla la solución propuesta para un hospital, sus componentes de software, hardware e interacción con los subsistemas del edificio. Los siguientes datos muestran los resultados de la cuarta iteración del proceso.

Etapas 1. Consideraciones generales

El desarrollo de la arquitectura del BMS tomó cuatro meses, se contó con un equipo multidisciplinario compuesto por un arquitecto de soluciones, especialistas de BMS, servidores, virtualización y telecomunicaciones. Se desarrolló una serie de reuniones en las que se releva información a detalle de las consideraciones del proyecto en cada iteración. Las consideraciones de la primera etapa marcarán el lineamiento de la operativa esperada del edificio, infraestructura de hardware, esquemas de licenciamiento, alcances y expectativas de la solución.

El objetivo inicial del hospital es generar ahorros con la solución BMS a través del control y automatización de comportamientos de los subsistemas de caldera, climatización e iluminación solamente en primera instancia. Se requiere el monitoreo del resto de los subsistemas comprendidos en el edificio.

Los sistemas monitoreados y controlados son: Caldera, Climatización, Iluminación.

Los sistemas monitoreados son: Almacenamiento de combustible, Almacenamiento de gases clínicos, Ascensores, CCTV, Control de acceso, Distribución eléctrica e Hidrosanitario.

Se requiere almacenar los datos por 3 años en línea para el posterior análisis de información y encontrar tendencias en los consumos de energía de los subsistemas y áreas del hospital. El almacenamiento para 3 años debe ser considerado en la infraestructura. También se consideran las licencias necesarias para la producción de reportes y análisis de datos.

Como lineamiento de hardware, el hospital no tiene una arquitectura de

hardware ni marca predefinida. Este escenario (greenfield) es ventajoso ya que permite tener un diseño a medida para la solución.

Esta primera etapa nos brinda el lineamiento básico para la definición de componentes y la operación entre ellos.

Etapa 2. Relevamiento de variables

Se contempla la integración de monitoreo y control de los subsistemas y variables descritos en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de subsistemas y variables

Subsistemas	Variables de entrada		Variables de salida	
	Digital	Analógica	Digital	Analógica
Almacenamiento de combustible	4	2		
Almacenamiento de gases clínicos	7			
Ascensores	48	24		
Caldera		16	4	
CCTV	350			
Climatización	721	273	429	180
Control de acceso	140			
Distribución eléctrica	248	885		
Hidrosanitario	56	1		
Iluminación	317		317	
Total subsistemas	1891	1201	750	180
Reserva 20%	378	240	150	36
Total variables	2269	1441	900	216
Gran total			4826	

La tabla 1 presenta el resumen del relevamiento de los once subsistemas estima 4826 variables, considerando una proyección de crecimiento al 20%. El 77% de las variables son de monitoreo o entrada y sólo 23% corresponde a variables de control o salida (caldera, climatización e iluminación). Los subsistemas que contemplan más

variables son distribución eléctrica, climatización e iluminación.

El tipo y cantidad de las variables son provistas por cada especialista en el subsistema del edificio. Además de las cantidades, proporcionan información de los protocolos utilizados en la red de instrumentación hacia los dispositivos de campo. La cantidad de variables y protocolos utilizados determinan la

cantidad de licencias de software, protocolos habilitados y horas de servicios requeridos para el dimensionamiento del sistema. Asimismo, proveen información para dimensionar el tamaño de servidores y almacenamiento para el procesamiento de la información del BMS. Finalmente, la cantidad de dispositivos de control afecta la cantidad de puertos de red requeridos en los switches de acceso. Esta última información es útil para el dimensionamiento de la red de datos del edificio (fuera del alcance del proyecto).

En esta misma etapa se obtienen planos actualizados de los ambientes para la estimación de horas de servicios requeridas para la abstracción los ambientes en el sistema BMS.

Etapa 3. Diseño de arquitectura

El diseño requerido por el hospital demanda que la solución BMS incluya un clúster dedicado para garantizar la alta disponibilidad bajo la plataforma VMware.

Se considera el clúster para las cargas de servidores de BMS, base de datos e integración. El clúster albergará 3

máquinas virtuales, cada una de ellas con 8 cores y 16 GB de RAM de acuerdo con el dimensionamiento del fabricante de BMS. Los roles de BMS, base de datos e integración deben ser instalados en servidores independientes. Si bien la separación de roles incrementa los requerimientos de infraestructura, también brinda facilidades en las tareas operativas de mantenimiento y respaldo más adelante. Se considera un clúster pequeño de 3 nodos físicos con un almacenamiento compartido.

La infraestructura de hardware, de acuerdo con el relevamiento, contempla: 1) Almacenamiento SAN con conexión directa al storage a través de Fiber Channel a 16 Gbps. 2) Servidores con procesadores Intel Xeon de 20 cores y 96 GB de RAM. Cada uno con conexiones redundantes a switches Top of the Rack (ToR) a 10 Gbps. 3) Switches ToR con puertos 10Gbps para la conexión de servidores y puertos para up-link de hasta 40Gbps para up-link hacia el core de red.

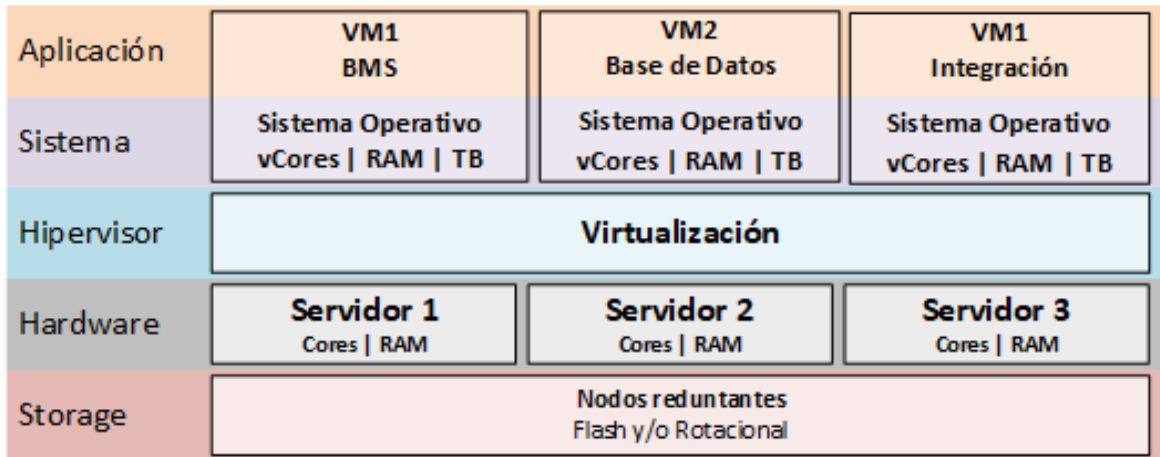


Figura 5. Diagrama de clúster de servidores con storage SAN compartido.

La Figura 5 presenta los componentes de hardware, virtualización, sistemas operativos y aplicaciones.

Sobre la infraestructura de hardware, se contempla la siguiente solución de software 1) VMware como hipervisor habilitando el clúster con 3 nodos, 2) licencias de Windows Server como sistema operativo de las máquinas virtuales para los servidores de BMS, base de datos e integración, 3) licencia de SQL Server Standard para la base de datos de ambos sistemas.

Considerando que el BMS es un sistema crítico, se incluyen contratos de servicio de atención 24/7 para la atención de incidentes

Etapa 4. Consenso

En esta etapa se validaron todos los componentes de la solución: hardware, software, servicios y soporte, se definieron los montos estimados de implementación del proyecto. En consenso con los interesados el

proyecto, se ajustaron los alcances de la solución para viabilizar la adquisición de acuerdo restricciones presupuestarias. Cada iteración produce cambios en la solución que afectan los costos y plazos requeridos para su implementación.

CONCLUSIONES

Este proceso plantea las consideraciones mínimas requeridas para el generar el dimensionamiento ordenado de cada uno de los componentes para una solución de BMS. Procura simplificar las tareas y ordenar la información para generar un diseño de propuesta claro. Gracias a la aplicación práctica en un hospital se evidenció que, al seguir el proceso, los componentes requeridos para el BMS son supervisados e integrados para garantizar la funcionalidad del sistema en cumplimiento de los requerimientos del hospital.

Este proceso puede asistir en el dimensionamiento para proyectos que requieran una solución completa de

hardware, software, servicios y soporte para BMS.

En el contexto actual, muchas empresas pequeñas, medianas y grandes, deben elevar la eficiencia, reducir costos e incrementar la productividad para sobrevivir, el principal aporte tiene foco en la economía nacional e internacional y en la salud de sus empresas. En condiciones normales, los aportes anteriormente descritos generan valor para la comunidad investigativa y empresarial. En condiciones excepcionales, como la crisis actual generada por el COVID-19, se valora mucho más todo aporte al sector empresarial.

REFERENCIAS

- Applied Risk BV. (2019). I Own Your Building (Management System). Amsterdam.
- Antesana, Iván Robinson y Medina, Anibal (2016) Sistema de control centralizado de edificios B.M.S. Universidad Católica de Córdoba [Tesis de Grado]
- Fundación Giner de los Ríos (2016). Libro Verde. Hacia un sector eficiente. Chile
- Gökçe, H; Gökçe, K. (2012) Holistic system architecture for energy efficient building operation
- Microsoft (2019) CREATING INTELLIGENT SPACES Five strategies to accelerate smart building transformation. Microsoft Azure - White papers
- Osama Omar (2018) Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. Alexandria Engineering Journal, Volume 57, Issue 4, December 2018, Pages 2903-2910
- Perry, C. (2017). Smart Buildings: A Deeper Dive into Market Segments. Report A1703. © American Council for an Energy-Efficient Economy. EEUU
- Nguyen, T. (2012). Energy and Buildings Energy intelligent buildings based on user activity: A survey. Revista Energy and Buildings. Nijenborgh 9, 9747 AG Groningen, The Netherlands
- Van Hoof, B. (2018). DATA-DRIVEN WORK SPACES IoT and AI Expand the Promise of Smart Buildings. Harvard Business School Publishing. MC210190918. EEUU
- Vasques, X. (2011). Analysis and knowledge discovery from sensors data to improve energy efficiency Conference Paper · DOI: 10.13140/2.1.2843.4240



Sistema web de correspondencia para la gestión de documentación electrónica aplicando firma digital en los trámites del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, Bolivia

Correspondence web system for the management of electronic documentation applying digital signature in the procedures of the Municipal Autonomous Government of Entre Ríos, Bolivia

David Flores

davichof31@gmail.com

Código ORCID: 0000-0001-9776-2754

Víctor Hugo Pérez Rojas

victorvirtual@gmail.com

Código ORCID: 0000-0002-0809-7471

Gobierno Autónomo del Departamento Cochabamba, Bolivia

Artículo recibido en septiembre 2020 Arbitrado en octubre 2020 Publicado en enero 2021

Resumen

El Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos realiza la gestión de correspondencia, aplicando procedimientos manuales y utiliza la firma hológrafa en documentos, ocasionando pérdidas de tiempo e incertidumbre sobre el estado de la documentación. Para solucionar este problema, se propone un sistema web de correspondencia para la gestión de documentación electrónica aplicando firma digital. Teóricamente, se investigó sobre firma digital, algoritmos, estándares tecnológicos y normativas legales. Metodológicamente, se aplicó la Programación Extrema para construir un sistema que satisfaga los requerimientos establecidos por el cliente. El desarrollo del software, del lado del servidor, se centró en el uso de lenguajes de software libre y el gestor de base de datos. Por el lado del cliente, el Framework utilizado fue Angular 8. Para lograr la conectividad entre cliente y servidor se empleó la arquitectura cliente servidor. Finalmente, se adquirieron los Tokens, certificados digitales para realizar la firma y verificación, estableciendo una conexión con los servicios de la Agencia para el Desarrollo de la Sociedad de Información en Bolivia. En conclusión, se implementó el uso de la aplicación web y la firma digital como la vía más apropiada para garantizar la autoría e integridad de los documentos digitales.

Palabras clave: Firma digital, entidad certificadora, certificado digital.

Abstract

The Autonomous Municipal Government of Entre Ríos manages correspondence, applying manual procedures and uses the holographic signature on documents, causing loss of time and uncertainty about the status of the documentation. To solve this problem, a web correspondence system is proposed for the management of electronic documentation applying digital signature. Theoretically, the digital signature, algorithms, technological standards and legal regulations were investigated. Methodologically, Extreme Programming was applied to build a system that satisfies the requirements established by the client. The development of the software, on the server side, focused on the use of free software languages and the database manager. On the client side, the Framework used was Angular 8. To achieve connectivity between client and server, the client server architecture was used. Finally, the Tokens, digital certificates to perform the signature and verification, were acquired, establishing a connection with the services of the Agency for the Development of the Information Society in Bolivia. In conclusion, the use of the web application and the digital signature was implemented as the most appropriate way to guarantee the authorship and integrity of digital documents.

Keywords: Digital signature, certifying entity, digital certificate.

INTRODUCCIÓN

La gestión de la correspondencia en el Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos (GAMER) tiene gran relevancia, ya que todo asunto o solicitud y trámite que sea externo o interno tiene que ser tratado bajo documentos físicos plasmados en papel, es decir que la población, los servidores públicos e instituciones tienen que realizar sus peticiones o solicitudes a través de correspondencia.

En las dependencias del GAMER se cursa diariamente un elevado número de correspondencia interna y externa de toda índole, que es de mucha importancia y requiere una atención inmediata, satisfactoria para el progreso y desarrollo del municipio. Estos procesos involucran determinados niveles de autorización mediante firma hológrafa y un significativo uso de papel para el resguardo de antecedentes.

Los trámites que se realizan en el GAMER son: Asuntos administrativos como aprobación de planos de urbanización, aprobación de planos de regularización de lote, aprobación de planos de lote, aprobación de planos de construcciones, bienes inmuebles, actualización de datos técnicos, certificaciones catastrales, certificación de uso del suelo, licencias de funcionamiento, así como también, la autorización eventual del uso de espacios públicos para actividades cívicas, religiosas, tradicionales y culturales. Además, se gestionan solicitudes de alumbrado público,

mejoramiento de calles urbanas y rurales, saneamiento básico y agua potable, entre otros.

La correspondencia interna es generada por los funcionarios o servidores públicos del Gobierno Autónomo Municipal. La administración pública ha utilizado desde siempre al papel como medio de soporte para las tramitaciones, fundamentalmente por el hecho de que, en las intervenciones de servidores públicos actuantes, estos dejan de manifiesto su identidad a través del uso de la firma hológrafa. En cambio, la correspondencia externa es generada por instituciones públicas relacionadas a gobiernos municipales, por ejemplo: hospitales, policía, unidades educativas, Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE) y otras.

Los procedimientos manuales aplicados en la gestión de documentación y correspondencia al utilizar la firma hológrafa en los trámites internos o externos del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, provocan pérdida de tiempo del solicitante, incertidumbre sobre el estado de la documentación, demora en la respuesta de trámites, impiden el flujo normal de procesos, provocando un servicio manual, produciendo desorden, desorganización de la correspondencia y quejas recurrentes entre los funcionarios.

Por otra parte, es importante acotar que en la actualidad, con la implementación de la tecnología firma digital, se pueden agilizar y simplificar los

trámites (Fernández et al., 2020), los procesos administrativos existentes reduciendo el uso del papel al no requerir la impresión de documentos, minimizar el tiempo en mensajerías, brindando mayor seguridad en el envío y recepción de documentos electrónicos firmados digitalmente, transacciones electrónicas, garantizando así, la autenticación de la identidad del firmante, la integridad de la información, el no repudio de la misma.

Con el uso de aplicaciones Web, se pueden automatizar los procesos manuales, el tiempo que se requiere para la tramitación, consultar el estado en el que la correspondencia se encuentra, el monitoreo y procesamiento resulta mucho más fácil y rápido. Además, se tendría información actualizada y fiable de la documentación electrónica.

Particularmente, Bolivia ingresa a la era de la firma digital en base a la Ley N° 164, Ley General de Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación, de 08 de agosto de 2011 (Ley N° 164, 2011), brinda validez jurídica a la firma digital, la norma estipula que la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes - ATT, se constituye como la "Entidad Certificadora Raíz" y le otorga las atribuciones para autorizar, regular, fiscalizar, supervisar y controlar a las Entidades Certificadoras Públicas y Privadas (ATT, 2016). Es decir, se establecen los puntos que se deben

reglamentar en el uso de documentos digitales y la implementación de la firma digital, y se determina que la Agencia para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Bolivia (ADSIB) se convierte en la Entidad Certificadora Pública, con el fin de marcar un cambio al automatizar, modernizar, transparentar la gestión pública y hacer más eficientes los procesos de las actividades.

En concordancia con lo expuesto, en este estudio se pretende desarrollar un sistema web de correspondencia para la gestión de documentación electrónica aplicando firma digital en los trámites del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, Bolivia.

BASES METODOLÓGICAS

Técnicas de recopilación de información

Entre las técnicas para la recopilación de información seleccionadas se encuentran: la entrevista, porque permite obtener la información de forma rápida como los requerimientos, solicitudes, peticiones y a la vez tener un contacto de frente con el usuario; y la observación, porque puede ser utilizada por el analista para desarrollar los sistemas de información y ayudará a encontrar los principales problemas y necesidades existentes.

Modelado de negocio

El modelado de negocios es de gran ayuda en la etapa de análisis de desarrollo de software, ya que tener un

buen modelo permite lograr comprender el ámbito de la información, además de identificar las actividades y procesos que se realizan dentro de la organización para lograr una correcta operación y así lograr una buena comprensión del negocio para automatizar procesos al crear sistemas computacionales que se ajusten a la medida de una organización (León y Asato, 2009).

Ingeniería de software

La ingeniería de software no sólo se interesa por los procesos técnicos del desarrollo de software, sino que también incluye actividades como la administración del proyecto de software y el desarrollo de herramientas, así como métodos y teorías para apoyar la producción de software (Sommerville, 2011).

Procesos de desarrollo de software

Un proceso de desarrollo de software posee reglas preestablecidas, y deben ser aplicados en la creación del software de mediano y gran porte, siempre se debe aplicar un modelo de

ciclo de vida del desarrollo de software y es una estructura aplicada al desarrollo de software.

Para efectos de esta investigación, se seleccionó la programación extrema (XP), la cual es una metodología ágil de desarrollo de software que se basa en la simplicidad, la comunicación y la realimentación o reutilización del código desarrollado. Usa un enfoque orientado a objetos como paradigma de desarrollo preferido.

La programación extrema (XP) es quizás el método ágil mejor conocido y más ampliamente usado. El nombre lo acuñó Beck (2000) debido a que el enfoque se desarrolló llevando a niveles "extremos" las prácticas reconocidas, como el desarrollo iterativo. Por ejemplo, en la XP muchas versiones actuales de un sistema pueden desarrollarse mediante diferentes programadores, integrarse y ponerse a prueba en un solo día (Sommerville, 2011). En la figura 1 se esquematiza el proceso XP para producir un incremento del sistema por desarrollar.

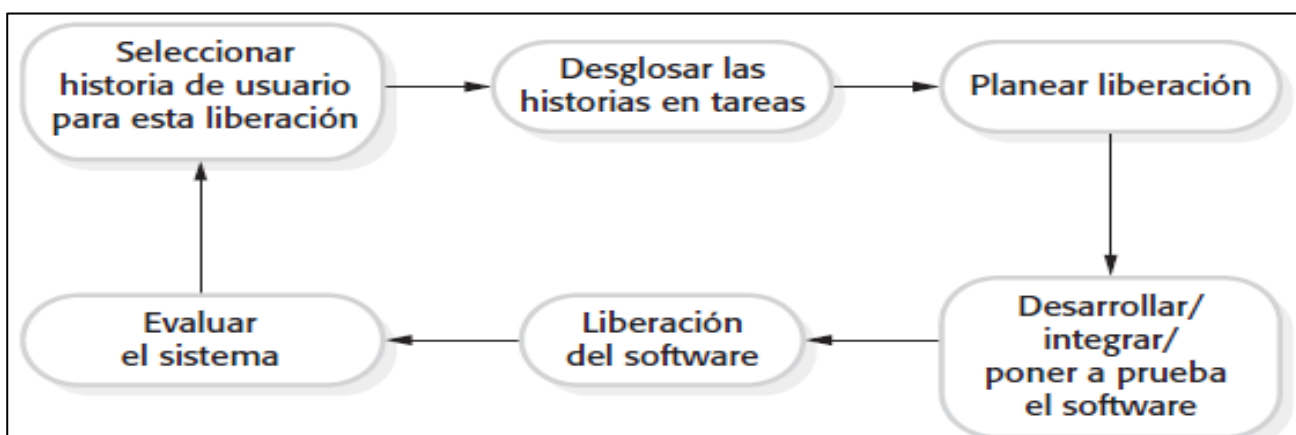


Figura 1. El Ciclo de liberación de la programación extrema. Fuente: Sommerville (2011)

En la programación extrema, los requerimientos se expresan como escenarios (llamados historias de usuario), que se implementan directamente como una serie de tareas. Los programadores trabajan en pares y antes de escribir el código desarrollan pruebas para cada tarea. Todas las pruebas deben ejecutarse con éxito una vez que el nuevo código se integre en el sistema. Entre las liberaciones del sistema existe un breve lapso (Sommerville, 2011).

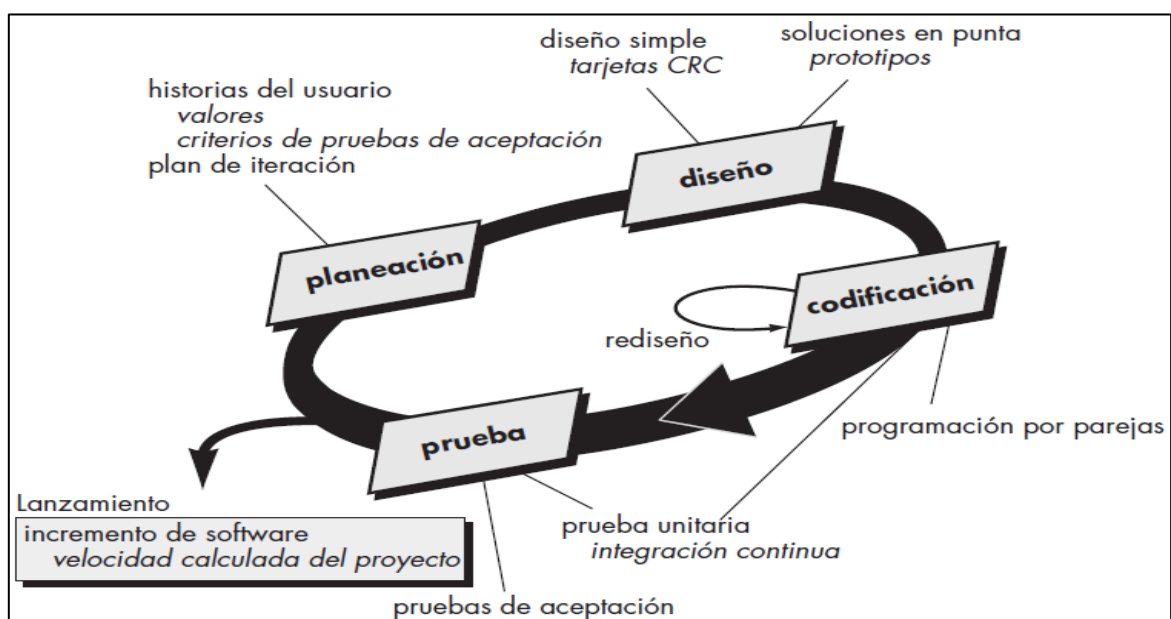
Según Pressman (2010), cualquier proceso del software ágil se caracteriza por la forma en la que aborda cierto número de suposiciones clave [Fow02] acerca de la mayoría de proyectos de software, de modo que, la programación extrema usa un enfoque orientado a objetos como paradigma preferido de desarrollo, y engloba un conjunto de reglas y prácticas que

ocurren en el contexto de cuatro actividades estructurales: planeación, diseño, codificación y pruebas. En la figura 2 se representa el proceso XP y se resaltan algunas de las ideas y tareas clave que se asocian con cada actividad estructural.

Lenguaje unificado de modelado (UML).

El Lenguaje unificado de modelado (UML) del inglés Unified Modeling Language, desempeña un papel importante en el desarrollo de software, pero también en otros sistemas de muchos sectores de la industria, ya que es un medio de mostrar visualmente el comportamiento y la estructura de un sistema o un proceso. UML ayuda a identificar posibles errores en las estructuras de la aplicación, el comportamiento del sistema u otros procesos empresariales.

Figura 2. El proceso de la programación extrema.



Fuente: Pressman (2010)

Diagrama de Casos de Uso

El diagrama de uso de caso UML ayuda a determinar la funcionalidad y características del software desde la perspectiva del usuario. Los diagramas de casos de uso son el equivalente del arte rupestre moderno. Los símbolos principales de un caso de uso son el actor y el óvalo del caso de uso. Es decir que son responsables principalmente de documentar los macro requisitos del sistema.

Diagrama de clases

Los diagramas de clases describen la estructura estática de un sistema. Una clase es una categoría o grupo de cosas que tienen atributos (propiedades) y acciones similares. Un rectángulo es el símbolo que representa a la clase, y se divide en tres áreas. Un diagrama de clases está formado por varios rectángulos de este tipo conectados por líneas que representan las asociaciones o maneras en que las clases se relacionan entre sí.

Diagrama de colaboración

Un diagrama de colaboración o diagrama de comunicación transmite la misma información que un diagrama de secuencia, en donde el ordenamiento en el tiempo es implícito en la disposición lineal de un diagrama de secuencia, se indica explícitamente el orden en el tiempo numerando los mensajes en los diagramas de colaboración geoméricamente organizados. Los símbolos clave en los

diagramas de colaboración son el rectángulo, llamado papel clasificador, y una línea que indica el mensaje, una vez más llamada conector. El papel clasificador representa los objetos (Kimmel, 2008).

Diagrama de despliegue

Los diagramas de despliegue no son difíciles de crear, en general no contienen un gran número de elementos y sólo se necesitan para aplicaciones de complejidad mediana a grande. Estos diagramas son buenos para la visualización del panorama de su despliegue, para sistemas con múltiples elementos. Desde luego, se es libre para crear un diagrama de despliegue para todo modelo, pero ésta es un área en donde podría economizar (Kimmel, 2008).

Herramientas para el desarrollo de aplicaciones Web

Las aplicaciones web son herramientas que pueden ser utilizadas por los usuarios accediendo mediante un servidor web a través de un navegador que ejecutará la tarea. La programación en la Web ha generado como consecuencia la creación de varias herramientas de desarrollo, por lo que es importante identificar cuáles ofrecen un mejor rendimiento y bajo qué Sistema Operativo.

Lenguajes de programación para el desarrollo del sistema Web

Para el desarrollo de sistemas Web, existen una multitud de lenguajes de programación para el desarrollo de sistemas Web. Un lenguaje de

programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras. Además, es un lenguaje diseñado para describir el conjunto de acciones consecutivas que una computadora debe ejecutar. Esto implica que, es un modo práctico para que los seres humanos puedan dar instrucciones a una computadora y está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas que definen su estructura. Los lenguajes de programación Web que serán analizados son: PHP vs ASP.NET, bajo los sistemas operativos Linux y Windows utilizando criterios comunes.

Arquitectura

La arquitectura de software son patrones o lineamientos que ayudan a la construcción de un programa. Estos patrones permiten tener una guía para los desarrolladores, analistas y todos los cargos relacionados para lograr cumplir con los requerimientos de la aplicación. La arquitectura del software por tanto define la estructura que debe de tener un software, las piezas que se debe construir y el modo en el que se deben de juntar y trabajar entre ellas. Se define a alto nivel mediante una serie de patrones y abstracciones que seguir para el desarrollo del software y para la interacción entre sus diversas piezas (Baquero, 2020).

Arquitectura Cliente – Servidor

En esta arquitectura la computadora de cada uno de los usuarios, llamada cliente, produce una demanda de

información a cualquiera de las computadoras que proporcionan información, conocidas como servidores estos últimos responden a la demanda del cliente que la produjo. Los clientes y los servidores pueden estar conectados a una red local o una red amplia, como la que se puede implementar en una empresa o a una red mundial como lo es la Internet.

Bajo este modelo cada usuario tiene la libertad de obtener la información que requiera en un momento dado proveniente de una o varias fuentes locales o distantes y de procesarla como según le convenga. Los distintos servidores también pueden intercambiar información dentro de esta arquitectura (EcuRED, 2020).

La interacción cliente-servidor es el soporte de la mayor parte de la comunicación por redes. Ayuda a comprender las bases sobre las que están contruidos los algoritmos distribuidos. La figura 3 ilustra la arquitectura cliente servidor y resalta algunas de las ideas y tareas clave que se asocian con cada actividad estructural.

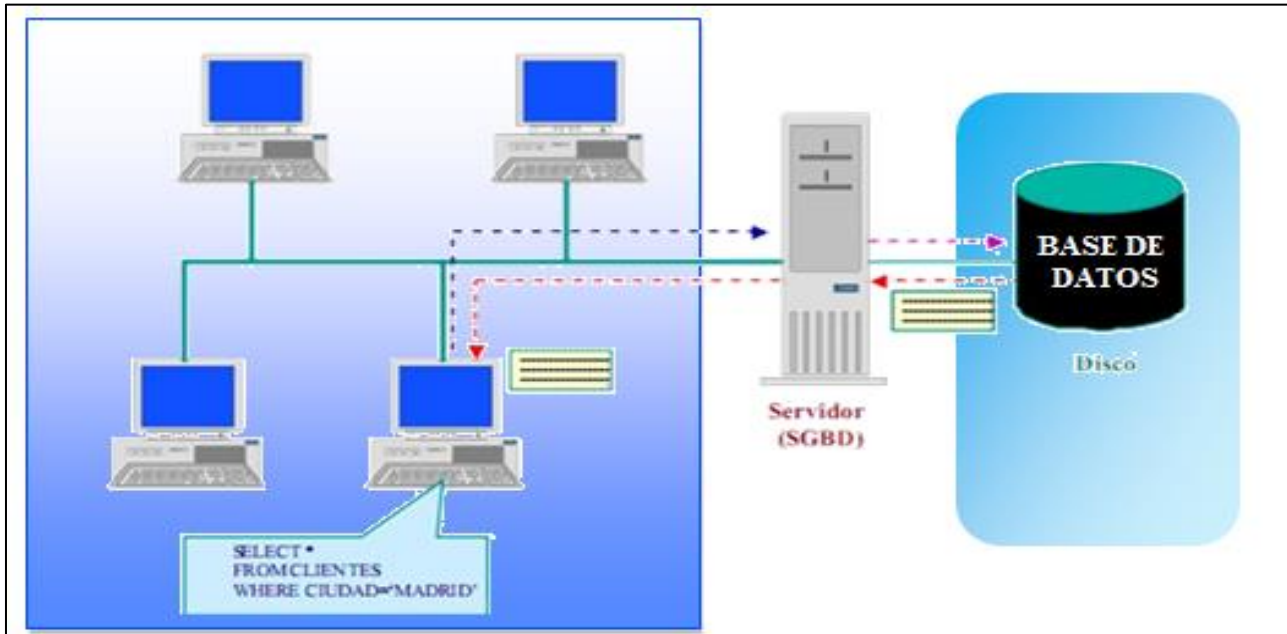
Selección de la arquitectura de software

En el presente proyecto se eligió la Arquitectura Cliente servidor. Por qué esta arquitectura consiste básicamente en un cliente que realiza peticiones a otro programa (el servidor) que le da respuesta. Aunque esta idea se puede aplicar a programas que se ejecutan sobre una sola computadora es más ventajosa en un sistema operativo multiusuario distribuido a través de una red de computadoras. La interacción

cliente-servidor es el soporte de la mayor parte de la comunicación por redes. Ayuda a comprender las bases sobre las

que están contruidos los algoritmos distribuidos.

Figura 3. Arquitectura Cliente / Servidor.



Fuente: EcuRED (2020)

Servicios Web

Un servicio web es un componente software que se comunica con otras aplicaciones codificando los mensajes en XML y enviándolos a través de protocolos estándares de Internet, tales como Hipertexto Transfer Protocol (HTTP). Básicamente, los servicios web son elementos que les permiten a las aplicaciones comunicarse entre sí, sin importar el lenguaje o plataforma en que se desarrollen. Pueden ser diseñados para soportar la interoperabilidad máquina a máquina a través de una red. El servicio web tiene una interfaz descrita en un formato procesable por máquina. Otros sistemas

interactúan con el servicio Web de la manera prescrita por la descripción utilizando mensajes SOAP, normalmente transmitidos mediante HTTP con una serialización XML junto con otros estándares relacionados (Sayago, 2019).

Tecnologías para el desarrollo web

Los lenguajes de programación que existen dirigidos al desarrollo web son de tecnologías frontend y tecnologías backend.

Framework para desarrollo de sistema Web backend

Son las tecnologías que hacen vida en la capa de acceso de datos, están del lado del servidor por lo cual, los usuarios no tienen acceso a ella. Un

servidor web es un ordenador donde se alojan aplicaciones/páginas en un espacio de memoria con la finalidad de dar respuestas a las peticiones de tipo HTTP que hacen los usuarios. Los servidores son los que dan vida al internet.

Las tecnologías back-end con las que se desarrollan sistemas son: Lenguajes de programación web interpretados de lado del servidor, Frameworks (marcos de trabajo) elaborados en base a un lenguaje de programación, Bases de datos y Servidores HTTP.

Framework para desarrollo del sistema Web Frontend

Es la capa visual que permite a los usuarios/clientes la interacción con el sistema, por lo tanto, es la capa que define las experiencias de los usuarios en el sistema y la única a la que tienen acceso. El frontend son todas esas tecnologías que viven en el navegador y con las cuales se crea el diseño del sistema. Cuando se habla del diseño de un sistema se trata de la creación de las interfaces, las propiedades que se pretende que tenga y la interacción de las mismas.

Angular 8

Angular es un marco de diseño de aplicaciones y una plataforma de desarrollo para crear aplicaciones eficientes y sofisticadas de una sola página. Estos documentos de Angular ayudan a aprender y usar el marco Angular y la plataforma de desarrollo, desde su primera aplicación hasta la

optimización de aplicaciones complejas de una sola página para empresas. Los tutoriales y guías incluyen ejemplos descargables para acelerar sus proyectos.

Gestor de base de datos

Un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD), en inglés DataBase Management System (DBMS) es un sistema de software que permite la definición de bases de datos; así como la elección de las estructuras de datos necesarios para el almacenamiento y búsqueda de los datos, ya sea de forma interactiva o a través de un lenguaje de programación. Un SGBD relacional es un modelo de datos que facilita a los usuarios describir los datos que serán almacenados en la base de datos junto con un grupo de operaciones para manejar los datos. Los SGBD relacionales son una herramienta efectiva que permite a varios usuarios acceder a los datos al mismo tiempo. Brindan facilidades eficientes y un grupo de funciones con el objetivo de garantizar la confidencialidad, la calidad, la seguridad y la integridad de los datos que contienen, así como un acceso fácil y eficiente a los mismos.

Entre los SGBD se encuentra el lenguaje de consulta estructurado (MySQL 8.0), el cual es un SGBD multihilo y multiusuario utilizado en la gran parte de las páginas web actuales. Además, es el más usado en aplicaciones creadas como software libre. Se ofrece bajo la GNU GPL, aunque también es posible adquirir una licencia para empresas que quieran incorporarlo en

productos privativos. Desde la compra por parte de Oracle se está orientando a este ámbito empresarial. También el PostgreSQL es un potente sistema de base de datos relacional de objetos de código abierto que usa y amplía el lenguaje SQL, combinado con muchas características que almacenan y escalan de manera segura las cargas de trabajo de datos más complicadas. Los orígenes de PostgreSQL se remontan a 1986 como parte del proyecto POSTGRES en la Universidad de California en Berkeley y tiene más de 30 años de desarrollo activo en la plataforma central. Otro sistema es el SQL Server, cuyas principales características son: Soporte exclusivo por parte de Microsoft; Escalabilidad, estabilidad y seguridad; Posibilidad de cancelar consultas; Potente entorno gráfico de administración que permite utilizar comandos DDL y DML; Aunque es nativo para Windows puede utilizarse desde hace ya un tiempo en otras plataformas como Linux o Docker (The PostgreSQL, 2020).

Selección del gestor de base de datos

Para el presente proyecto se seleccionó un SGBD MySQL 8.0 multihilo y multiusuario utilizado en la gran parte de las páginas web actuales. Además, es el más usado en aplicaciones creadas como software libre. Por sus principales ventajas de este SGB de datos que son: Facilidad de uso y gran rendimiento, Facilidad para instalar y configurar, Soporte multiplataforma y Soporte SSL.

Pruebas y seguridad del software

Las pruebas de software, son aquellas que se diseñan y ejecutan para la obtención de nueva información a fin de establecer si el producto es de calidad (Cem. Kaner, 2008). Las pruebas de software son la investigación empírica y técnica, cuyo propósito se da para facilitar a los interesados información objetiva sobre la calidad del producto o servicio bajo pruebas.

Tipos de pruebas de Software

Las pruebas de software pueden ser funcionales y no funcionales. La automatización de pruebas, tanto funcionales como no funcionales, optimiza los procesos de calidad y reduce significativamente el esfuerzo invertido en la actividad de Testing, gracias a ello, no sólo se cuenta con resultados oportunos y precisos del comportamiento de un producto software con base en requisitos funcionales y no funcionales, si no también es posible construir un framework de pruebas automáticas, que permitan reutilizar en un futuro los componentes generados en los proyectos (Echeverri, Aristizábal y González, 2013).

Pruebas unitarias

Sólo se prueban componentes individuales (clases, funciones, módulos, etc.). Cada componente se prueba de forma independiente. Descubre errores producidos por defectos internos. Los casos de prueba podrán ser obtenidos a

partir de: Código fuente, modelo de datos, diseño de software.

Este tipo de pruebas pueden ser de aceptación, de integración y de regresión. A efectos de esta investigación se seleccionaron las pruebas de aceptación, las cuales comparan el comportamiento del sistema con los requisitos, sin importar como estén especificados. El cliente realiza o especifica tareas típicas para comprobar que se satisfacen sus requisitos o para comprobar que la organización los ha identificado para el mercado al que se destina el software. Esta actividad puede incluir o no a los desarrolladores del sistema. Las pruebas de aceptación son iterativas, donde se pueden aplicar un conjunto de metodologías como la programación extrema (XP).

Selección de prueba del software

Se eligió la prueba de aceptación, por las siguientes razones: son pruebas para aceptar formalmente el software, son las pruebas de sistema del cliente/usuario; es conveniente haber

definido los criterios de aceptación verificables de manera previa y consensuada; están enfocadas a demostrar que no se cumplen los requisitos, criterios de aceptación o el contrato; el usuario selecciona casos de prueba concretos para sus pruebas de aceptación, según las prioridades de su negocio; las pruebas se realizarán en el entorno del cliente (real) y se utilizan técnicas de caja negra.

ANÁLISIS FÍSICO Y LÓGICO DE LA APLICACIÓN

En este apartado se enfatiza la descripción de los procesos y las funcionalidades del sistema.

DISEÑO DEL MODELADO PARA EL PROCESO CORRESPONDENCIA

Modelado de negocio actual

En la figura 4 se presenta un fragmento del modelado de negocio actual.

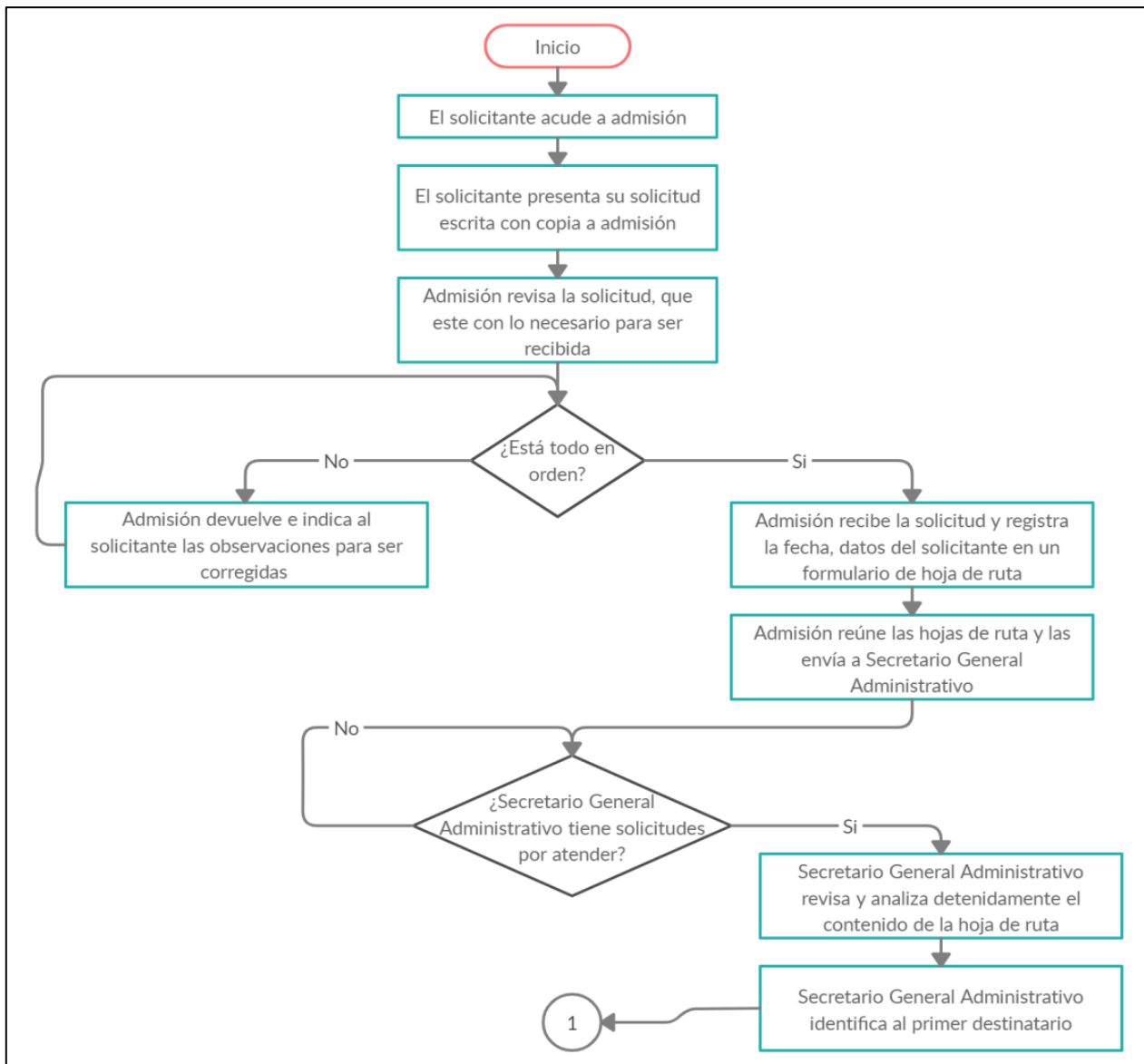


Figura 4. Modelado de negocio actual. Fuente: Elaboración propia

Modelado de negocio alternativo

En la figura 5 se especifican algunos de los aspectos inherentes al modelado de negocio alternativo.

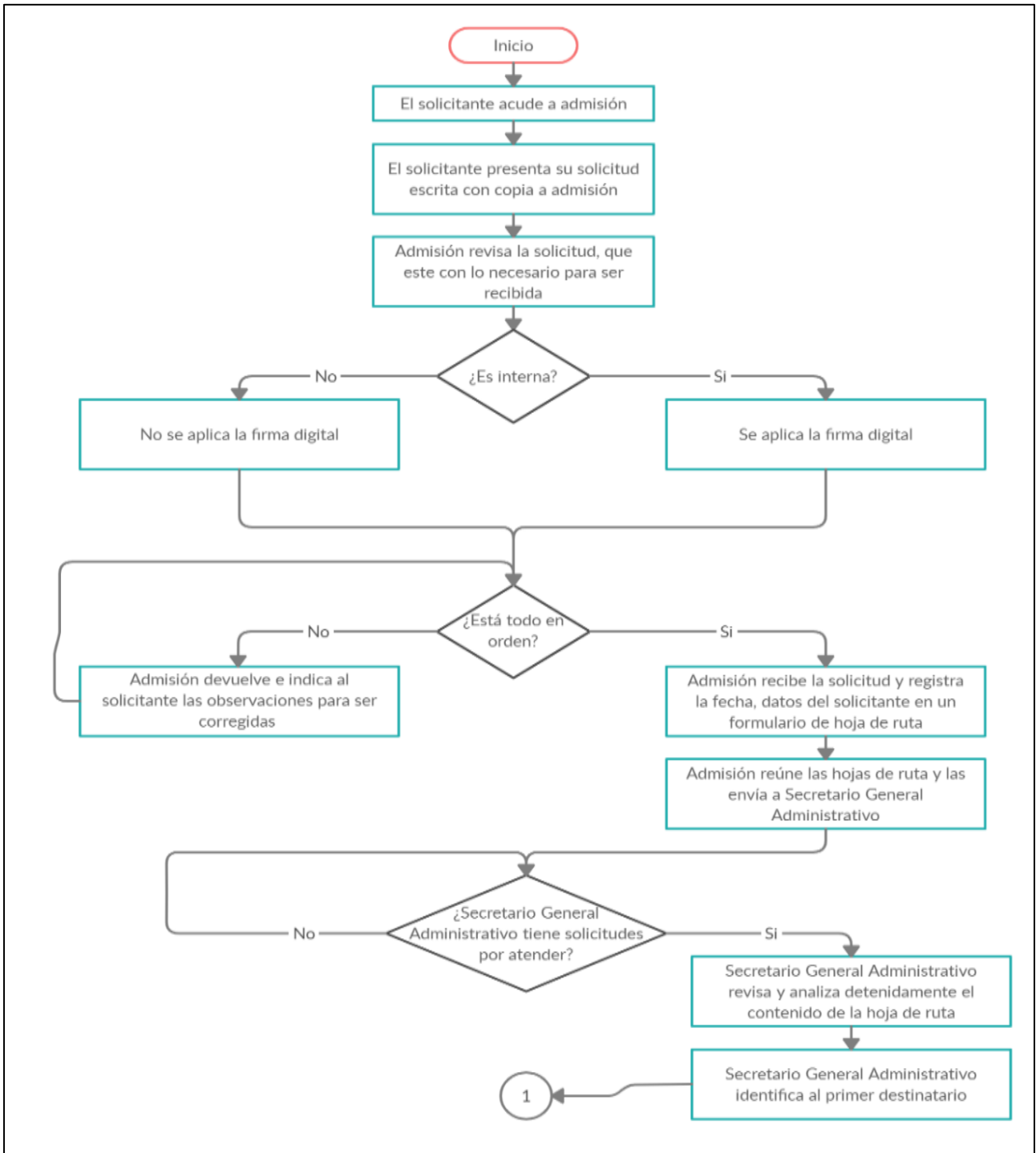


Figura 5. Modelado de negocio alternativo. Fuente: Elaboración propia

Planificación del proyecto

La planificación del proyecto se efectuó mediante la metodología XP.

Identificación de actores

Entre estos se encuentran el administrador o personal de sistemas a cargo de dar asistencia a los demás usuarios; la admisión o personal encargado de recibir las solicitudes y derivarlas a su correspondiente oficina;

el funcionario, es el personal que ocupa un cargo en la institución y atiende las solicitudes presentadas a su oficina; y el solicitante, es decir, la persona que realiza una solicitud esperando que sea atendida.

Historias de usuario

Las historias de usuario se desglosan en la tabla 1.

Tabla 1. Historias de usuario

ID	COMO	NECESITO	PARA
1	Usuario	Iniciar sesión en el sistema, con usuario y contraseña.	Interactuar con el sistema.
2	Administrador	Administrar los usuarios.	Permitir el acceso al sistema al personal involucrado.
3	Administrador	Administrar los cargos.	Registrar los cargos de las unidades que prestan los servicios de atender las solicitudes.
4	Administrador	Administrar las oficinas.	Registrar las oficinas que atenderán las diferentes solicitudes.
5	Administrador	Administrar los tipos de correspondencia.	Registrar los diferentes tipos que hay en el sistema.
6	Administrador	Administrar las instrucciones de correspondencia.	Registrar instrucciones breves y precisas sobre la manera de proceder con la correspondencia en curso.
7	Admisión	Registrar las hojas de ruta en el sistema.	Obtener un código generado por el sistema.
8	Admisión	Realizar el envío de copias de la hoja de ruta.	Permitir que puedan tener conocimiento de la correspondencia.
9	Admisión	Adjuntar archivos en la hoja de ruta.	Adicionar el detalle necesario sobre el proceso.
10	Admisión	Imprimir hoja de ruta.	Respalidar la información del sistema.
11	Funcionario	Derivar hoja de ruta.	Enviar el proceso a quien corresponde según el procedimiento.
12	Funcionario	Adjuntar información adicional.	Facilitar el trabajo de la parte correspondiente.

Continuación Tabla 1. Historias de usuario

ID	COMO	NECESITO	PARA
13	Funcionario	Imprimir la hoja de ruta.	Tener una copia de respaldo sobre las autorizaciones realizadas.
14	Funcionario	Ver hojas de ruta por cargo.	Buscar una hoja de ruta de mayor prioridad.
15	Solicitante	Ver estado de la solicitud.	Realizar un seguimiento de la solicitud presentada.
16	Funcionario	Subir archivos adjuntos de las correspondencias.	Respaldar el proceso.
17	Funcionario	Filtrar información de los archivos adjuntos.	Buscar documentos de importancia.
18	Funcionario	Anular los documentos de una hoja de ruta.	Mostrar solo los que tienen importancia.
19	Funcionario	Crear documentos PDF con plantillas.	Adjuntar información en la hoja de ruta.
20	Funcionario	Conexión con API de la ADSIB para configuración de la firma digital.	Acceder a las funcionalidades que ofrece.
21	Funcionario	Firmar documentos PDF al adjuntar a la correspondencia.	Adicionar una firma en un documento de la hoja de ruta.
22	Funcionario	Verificar documento con firma digital.	Ver las firmas en el documento.
23	Funcionario	Ver el buzón con las hojas de ruta derivadas.	Tener la lista de solicitudes que precisan de mi autorización.
24	Funcionario	Ver el detalle de la hoja de ruta.	Tener el conocimiento de lo que se necesita realizar.
25	Funcionario	Concluir hoja de ruta.	Autorizar la solicitud presentada en la hoja de ruta.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de entregas

En la tabla 2 se discriminan los elementos constitutivos del plan de entregas del proyecto.

Tabla 2. Estimaciones del plan de entregas

ENTREGABLES	HISTORIAS DE USUARIO		ESTIMACIÓN		
	ID	HISTORIA	ESFUERZO	PRIORIDAD	SEMANAS
Entregable 1: Gestión de correspondencias internas y externas.	1	Como usuario necesito iniciar sesión en el sistema, con usuario, y contraseña para interactuar con el sistema.	3	Alta	
	2	Como administrador necesito administrar los usuarios para permitir el acceso al sistema al personal involucrado.	2	Alta	
	3	Como administrador necesito administrar los cargos para registrar los cargos de las unidades que prestan los servicios de atender las solicitudes.	1	Media	
	4	Como administrador necesito administrar las oficinas para registrar las oficinas que atenderán las diferentes solicitudes.	1	Bajo	
	5	Como administrador necesito administrar los tipos de correspondencia para registrar los diferentes tipos que hay en el sistema.	1	Bajo	
	6	Como administrador necesito administrar las instrucciones de correspondencia para registrar instrucciones breves y precisas sobre la manera de proceder con la correspondencia en curso.	1	Bajo	1
	7	Como Admisión necesito registrar las hojas de ruta en el sistema para obtener un código generado por el sistema.	2	Alto	
	8	Como Admisión necesito realizar el envío de copias de la hoja de ruta para permitir que puedan tener conocimiento de la correspondencia.	2	Medio	
	9	Como Admisión necesito adjuntar archivos en la hoja de ruta para adicionar el detalle necesario sobre el proceso.	2	Medio	
	10	Como Admisión necesito imprimir la hoja de ruta para respaldar la información del sistema.	2	Medio	
	11	Como funcionario necesito derivar la hoja de ruta para enviar el proceso a quien corresponde según el procedimiento.	2	Bajo	

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 2. Estimaciones del plan de entregas

ENTREGABLES	HISTORIAS DE USUARIO		ESTIMACIÓN		
	ID	HISTORIA	ESFUERZO	PRIORIDAD	SEMANAS
Entregable 1: Gestión de correspondencias internas y externas.	12	Como funcionario necesito adjuntar información adicional a la hoja de ruta para adicionar el detalle necesario sobre el proceso.	2	Medio	
	13	Como funcionario necesito imprimir la hoja de ruta para tener una copia de respaldo sobre las autorizaciones realizadas.	1	Medio	1
	14	Como funcionario necesito ver las hojas de ruta por cargo para buscar una hoja de ruta de mayor prioridad.	1	Bajo	
Entregable 2: Seguimiento de correspondencia a través de hojas de ruta	15	Como solicitante necesito ver el estado de la solicitud para realizar un seguimiento de la solicitud presentada.	2	Alto	1
Entregable 3: Administración de documentos y archivos electrónicos	16	Como funcionario necesito subir archivos adjuntos de las correspondencias para respaldar el proceso.	2	Medio	
	17	Como funcionario necesito filtrar información de los documentos y archivos adjuntos para buscar documentos de importancia.	3	Medio	1
	18	Como funcionario necesito anular los documentos de una hoja de ruta para mostrar solo los que tienen importancia.	2	Medio	
Entregable 4: Firma y verificación de documentos digitales.	19	Como funcionario necesito crear documentos PDF para adjuntar información en la hoja de ruta.	1	Bajo	
	20	Como funcionario conectar con la API de la ADSIB para acceder a las funcionalidades que ofrece.	2	Medio	
	21	Como funcionario necesito firmar documentos PDF para adicionar una firma en un documento de la hoja de ruta.	2	Bajo	
	22	Como funcionario necesito verificar documento con firma digital para ver las firmas en el documento.	2	Bajo	1
	23	Como funcionario necesito ver el buzón con las hojas de ruta derivadas para tener la lista de solicitudes que precisan de mi autorización.	2	Medio	
	24	Como funcionario necesito ver el detalle de la hoja de ruta para tener el conocimiento de lo que se necesita realizar.	2	Medio	
	25	Como funcionario necesito concluir una hoja de ruta para autorizar la solicitud presentada en la hoja de ruta.	1	Bajo	

Fuente: Elaboración propia.

Plan de las iteraciones

El plan de entregas del proyecto se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Estimación de tiempo del plan de entregas

ITERACIONES N°	ENTREGABLE N°	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN EN SEMANAS	FECHA DE ENTREGA
1	1	Gestión de correspondencias internas y externas.	1	11/05/2020
2	2	Seguimiento de correspondencia a través de hojas de ruta.	1	18/05/2020
3	3	Administración de documentos y archivos electrónicos.	1	01/06/2020
4	4	Firma y verificación de documentos digitales.	1	15/06/2020

Fuente: Elaboración propia.

Relación entre objetivos específicos e iteraciones

La correspondencia entre objetivos específicos iteraciones se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Relación entre objetivos específicos e iteraciones

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ITERACIONES
Desarrollar módulo de correspondencia para la recepción, derivación o cierre de la correspondencia.	Iteración 1. Gestión de correspondencias internas y externas.
Desarrollar módulo seguimiento del estado de un trámite a todas las entidades involucradas en su recepción, procesamiento o devolución.	Iteración 2. Seguimiento de correspondencia a través de hojas de ruta.
Desarrollar módulo de gestión de documentación electrónica.	Iteración 3. Administración de documentos y archivos electrónicos.
Implementar la firma digital en los documentos electrónicos registrados como comunicaciones oficiales, instructivos, solicitudes, realizados por los servidores públicos para agilizar, simplificar los trámites y permitir verificar la integridad, autenticidad del documento.	Iteración 4. Firma y verificación de documentos digitales.

Fuente: Elaboración propia.

DESARROLLO DE MÓDULO DE CORRESPONDENCIA PARA LA RECEPCIÓN, DERIVACIÓN O CIERRE DE LA CORRESPONDENCIA. PRIMERA ITERACIÓN.

La primera iteración comprende la realización del registro de nuevas cuentas de usuario, donde se le permitirá al sujeto autenticarse en el sistema por medio de un usuario y contraseña. Los elementos constitutivos de esta iteración se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Primera iteración

ID	HISTORIA	SEMANA	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
1	Como usuario necesito iniciar sesión en el sistema con usuario y contraseña para interactuar con el sistema.		<ul style="list-style-type: none"> Validación de usuario y contraseña. Si es correcto, iniciar sesión, de lo contrario mostrar mensaje. Validación de la entrada de datos de autenticación, usuario y contraseña. Validación de tamaño máximo de caracteres para el nombre de usuario. Alerta, mensaje para usuarios inhabilitados. Listado de los usuarios registrados. Validación de formulario de registro de usuarios, datos requeridos. Validación de nombres de usuario únicos en el sistema. Validación de datos email, ci únicos en el sistema.
2	Como administrador necesito administrar los usuarios para permitir el acceso al sistema al personal involucrado.	1	<ul style="list-style-type: none"> Encriptación de la contraseña en la base de datos. Listado de opciones sobre cada uno de los registros de la lista. Paginado de la lista de usuarios. Datos del usuario editable. Opción para eliminar datos del usuario, solo si fuera necesario. Función para habilitar o deshabilitar las cuentas de usuario.
3	Como administrador necesito administrar los cargos para registrar los cargos de las unidades que prestan los servicios de atender las solicitudes.		<ul style="list-style-type: none"> Listado de los cargos registrados. Validación de formulario de registro de cargos, valores nulos en el nombre. Listado de opciones sobre cada uno de los registros de la lista Registro del cargo editable. Opción para eliminar registro del cargo.

Continuación Tabla 5. Primera iteración

ID	HISTORIA	SEMANA	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
5	Como administrador necesito administrar los tipos de correspondencia para registrar los diferentes tipos que hay en el sistema.		<ul style="list-style-type: none"> Listado de los tipos de correspondencia registrados. Validación de formulario de registro de tipos de correspondencia, valores nulos en el nombre.
6	Como administrador necesito administrar las instrucciones de correspondencia para registrar instrucciones breves y precisas sobre la manera de proceder con la correspondencia en curso.		<ul style="list-style-type: none"> Listado de las instrucciones registrados. Validación de formulario de registro de las instrucciones, valores nulos en el nombre. Listado de opciones sobre cada uno de los registros de la lista. Registro de las instrucciones editable. Opción para eliminar registro de las instrucciones.
7	Como Admisión necesito registrar las hojas de ruta en el sistema para obtener un código generado por el sistema.		<ul style="list-style-type: none"> Validación de formulario de registro, datos requeridos. Listado de las hojas de ruta registradas.
8	Como Admisión necesito realizar el envío de copias de la hoja de ruta para permitir que puedan tener conocimiento de la correspondencia.	1	<ul style="list-style-type: none"> Listado de oficinas registradas. Listado de los cargos de cada oficina seleccionada. Envío de copias de la hoja de ruta destinado a otro cargo.
9	Como Admisión necesito adjuntar archivos en la hoja de ruta para adicionar el detalle necesario sobre el proceso.		<ul style="list-style-type: none"> Directorio para guardar los archivos. Adjuntado de archivos a la hoja de ruta.
10	Como Admisión necesito imprimir la hoja de ruta para respaldar la información del sistema.		<ul style="list-style-type: none"> Impresión del detalle de las hojas de ruta.
11	Como funcionario necesito derivar la hoja de ruta para enviar el proceso a quien corresponde según el procedimiento.		<ul style="list-style-type: none"> Listado de las hojas de ruta en mi buzón. Información del estado de la hoja de ruta. Detalles de la hoja de ruta, interfaz en el sistema. Opción para derivar la hoja de ruta.

Continuación Tabla 5. Primera iteración

ID	HISTORIA	SEMANA	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
12	Como funcionario necesito adjuntar información adicional a la hoja de ruta para adicionar el detalle necesario sobre el proceso.	1	<ul style="list-style-type: none"> Opción para subir archivo e indicar el nombre del archivo. Listado de archivos adjuntos de la hoja de ruta.
13	Como funcionario necesito imprimir la hoja de ruta para tener una copia de respaldo sobre las autorizaciones realizadas.		<ul style="list-style-type: none"> Opción para una imprimir una hoja de ruta. Información del recorrido de la hoja de ruta.
14	Como funcionario necesito ver las hojas de ruta por cargo para buscar una hoja de ruta de mayor prioridad.		<ul style="list-style-type: none"> Reporte de hojas de ruta por cargo.

Fuente: Elaboración propia.

DESARROLLO DE MÓDULO SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE UN TRÁMITE A TODAS LAS ENTIDADES INVOLUCRADAS EN SU RECEPCIÓN, PROCESAMIENTO O DEVOLUCIÓN. SEGUNDA ITERACIÓN.

Los aspectos asociados a la segunda iteración se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Segunda iteración

ID	HISTORIA	SEMANA	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
15	Como solicitante necesito ver el estado de la solicitud para realizar un seguimiento de la solicitud presentada.	1	<ul style="list-style-type: none"> Interfaz de consulta, antes de ingresar al sistema. Búsqueda de la hoja de ruta por el número de hoja de ruta asignado y el código. Alerta, mensaje en caso que no se encuentre la hoja de ruta. Alerta, mensaje para hoja de ruta encontrada. Visualización del detalle y estado de la hoja de ruta.

Fuente: Elaboración propia.

DESARROLLO DE MÓDULO DE GESTIÓN DE DOCUMENTACIÓN ELECTRÓNICA. TERCERA ITERACIÓN.

Los componentes inherentes a la tercera iteración se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Tercera iteración

ID	HISTORIA	SEMANA	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
16	Como funcionario necesito subir archivos adjuntos de las correspondencias para respaldar el proceso.		<ul style="list-style-type: none"> • Opción de subir archivos en el detalle de la hoja de ruta.
17	Como funcionario necesito filtrar información de los documentos y archivos adjuntos para buscar documentos de importancia.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de búsqueda para los documentos y archivos. • Información de la fuente del archivo, la hoja de ruta a la que pertenece.
18	Como funcionario necesito anular los documentos de una hoja de ruta para mostrar solo los que tienen importancia.		<ul style="list-style-type: none"> • Opción de anulación de los documentos y archivos de una hoja de ruta.

Fuente: Elaboración propia.

Implementación de firma digital en los documentos electrónicos registrados como comunicaciones oficiales, instructivos, solicitudes por licencia de vacaciones, realizados por los servidores públicos para agilizar, simplificar los trámites y permitir verificar la integridad, autenticidad del documento. Cuarta iteración.

Para esta última iteración, los aspectos asociados a ella se observan en la tabla 8.

Tabla 8. Cuarta iteración

ID	HISTORIA	SEMANA	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
19	Como funcionario necesito crear documentos PDF para adjuntar información en la hoja de ruta.		<ul style="list-style-type: none"> • Conversión el archivo PDF a base 64.
20	Como funcionario conectar con la API de la ADSIB para acceder a las funcionalidades que ofrece.		<ul style="list-style-type: none"> • Instalación del programa para conectar con el servicio de la ADSIB.
21	Como funcionario necesito firmar documentos PDF para adicionar una firma en un documento de la hoja de ruta.		<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud para firmar el archivo con los parámetros solicitados. • Opción para usar plantillas.
22	Como funcionario necesito verificar documento con firma digital para ver las firmas en el documento.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Respuesta de la API de ADSIB sobre las firmas de un documento.
23	Como funcionario necesito ver el buzón con las hojas de ruta derivadas para tener la lista de solicitudes que precisan de mi autorización.		<ul style="list-style-type: none"> • Listado de hojas de ruta derivadas a mi cargo en el sistema. Opción de solo ver un resumen de las copias de la hoja de ruta.
24	Como funcionario necesito ver el detalle de la hoja de ruta para tener el conocimiento de lo que se necesita realizar.		<ul style="list-style-type: none"> • Listado de las hojas de ruta enviadas a mi cargo. • Opción de ver detalle en las hojas de ruta. • En el detalle, listado de oficinas por donde la hoja de ruta ha sido derivado.
25	Como funcionario necesito concluir una hoja de ruta para autorizar la solicitud presentada en la hoja de ruta.		<ul style="list-style-type: none"> • Opción para concluir la hoja de ruta. • Listado de hojas de ruta en sección concluidos.

Fuente: Elaboración propia.

Los módulos vinculados a las tres primeras iteraciones se desarrollaron en función de los siguientes componentes:

(a) Caso de uso de la iteración. Se representaron los casos de uso para el administrador, la admisión y el funcionario mediante diagramas similares al de la figura 6.

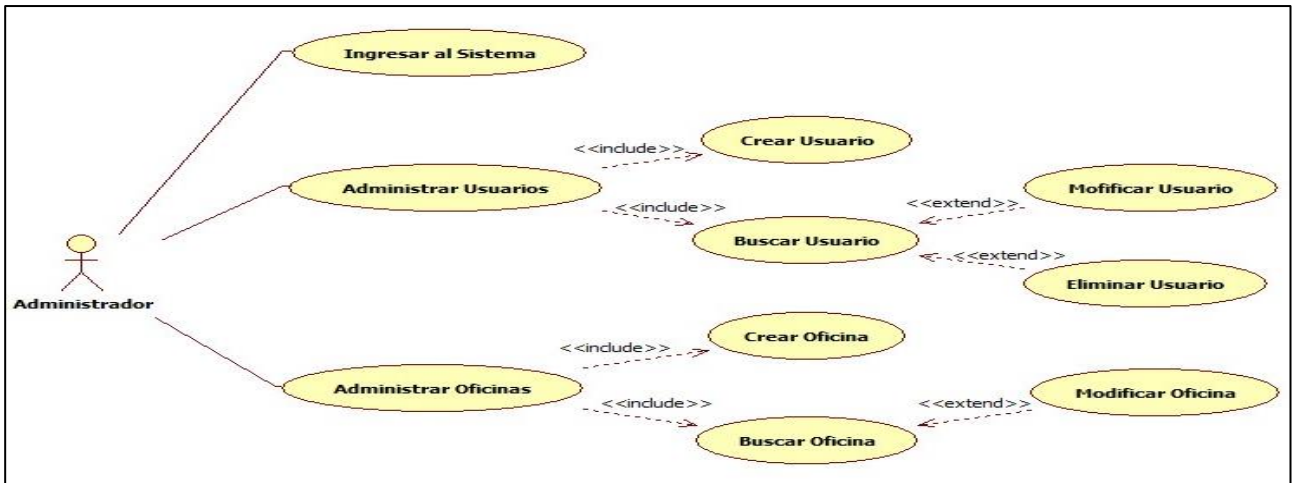


Figura 6. Casos de uso: Administrador Fuente: Elaboración propia.

(b) Diagrama de clases. Se muestra un modelo de este diagrama en la figura 7.

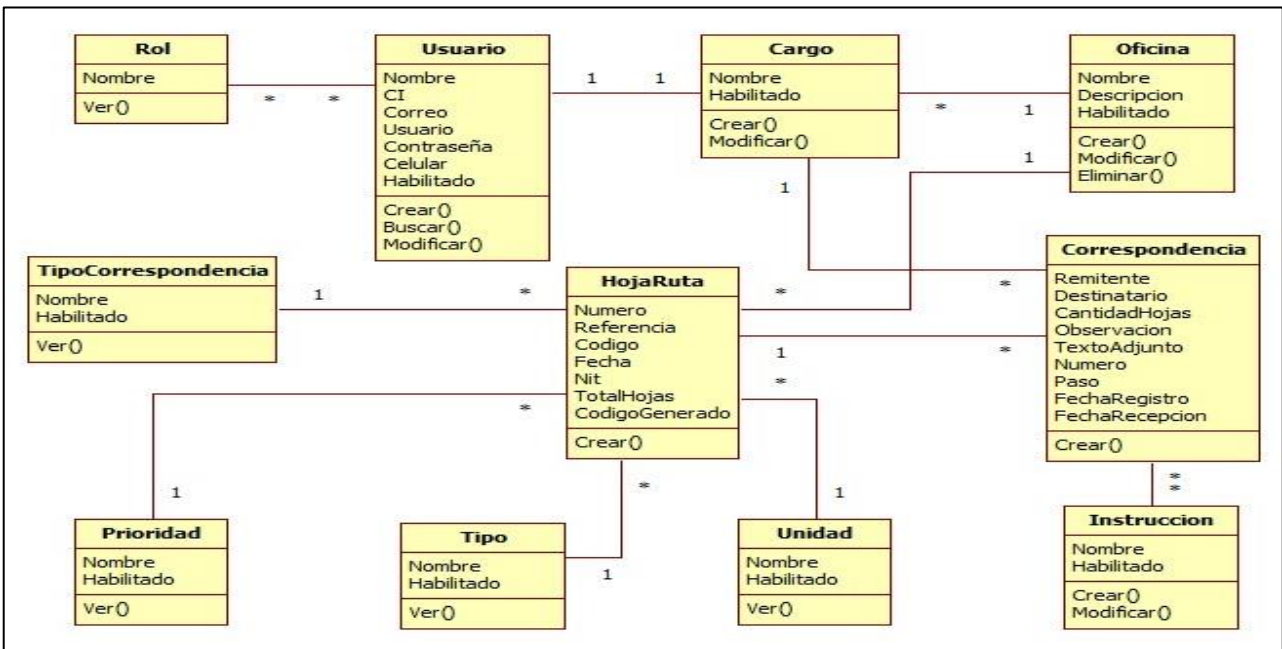


Figura 7. Diagrama de Clases primera iteración. Fuente: Elaboración propia.

(c) **Diagrama de base de datos.** En la figura 8 se puede visualizar uno de los diagramas de base de datos.

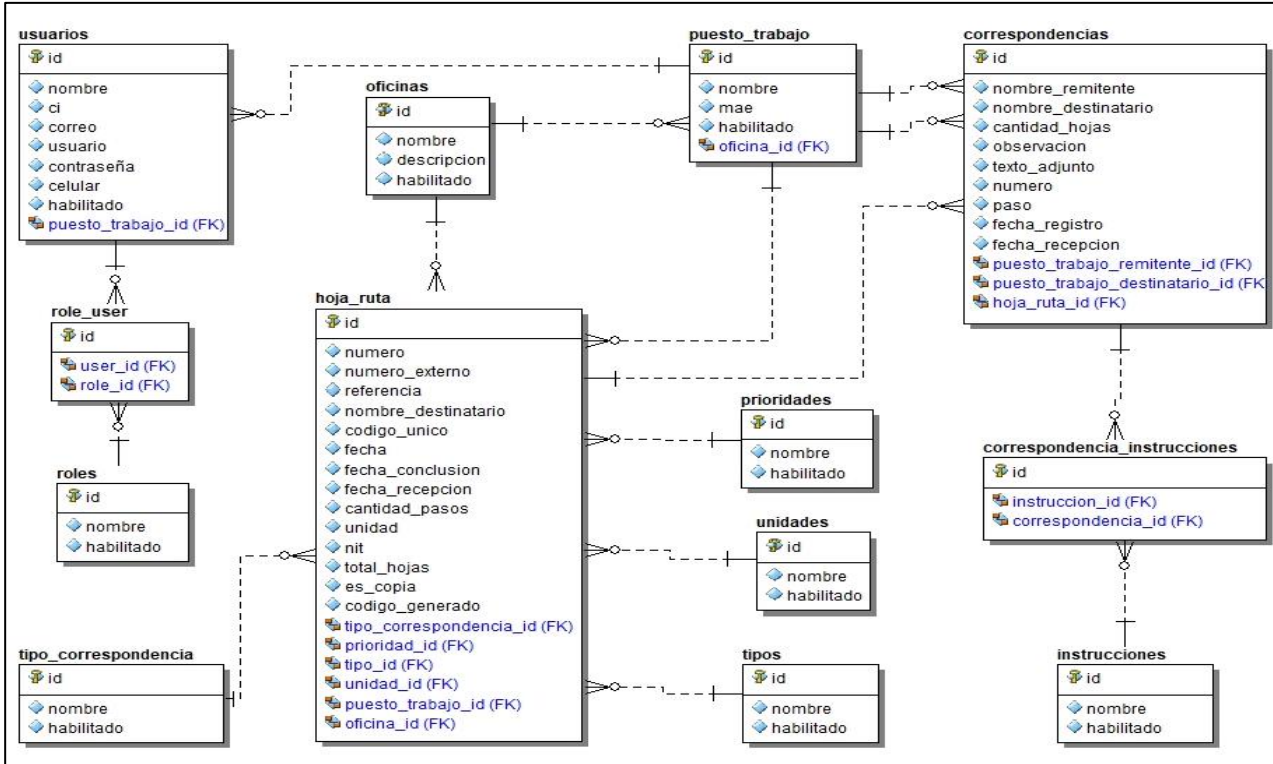


Figura 8. Diagrama de la base de datos primera iteración. Fuente: Elaboración propia.

(d) **Diagrama de arquitectura.** Un diagrama de esta naturaleza se puede observar en la figura 9.

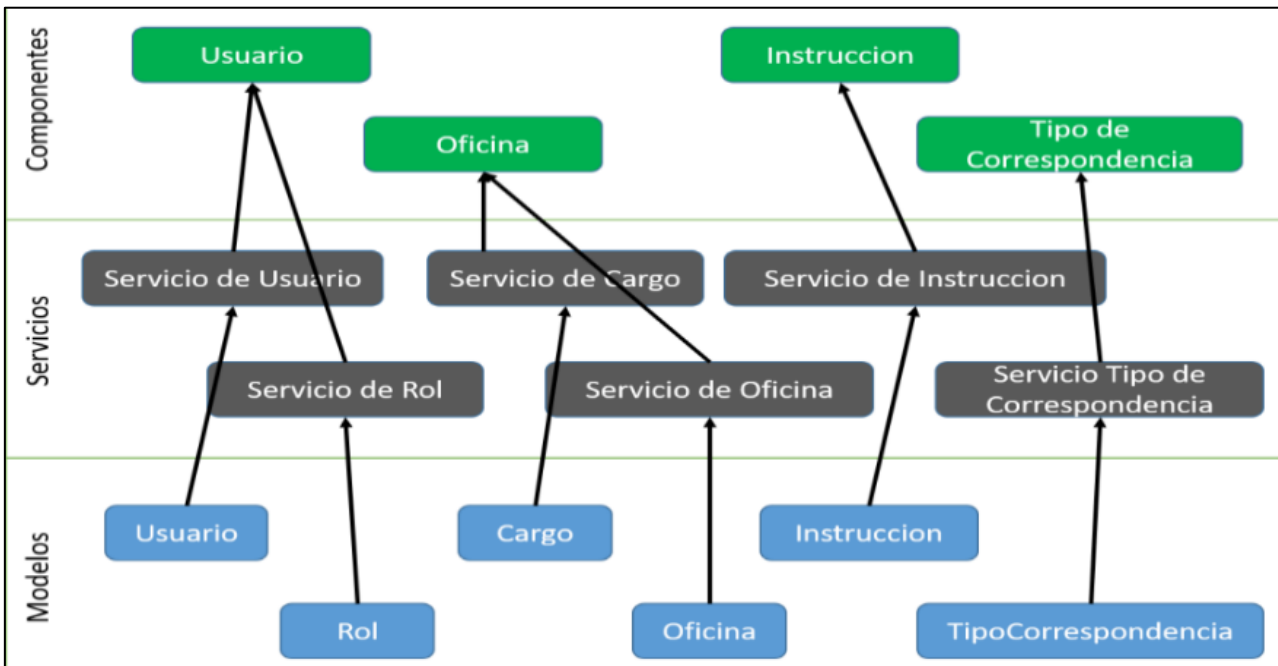


Figura 9. Diagrama de la arquitectura de la primera iteración. Fuente: Elaboración propia

(e) Codificación. En la figura 10 se muestra una de las imágenes referidas a la codificación. En este caso, es el código del servicio que conecta con la API, para realizar la autenticación de un usuario (nombre de usuario y contraseña), en la interfaz de inicio de sesión.

```
@Injectable()
export class Service {
  constructor(private http: HttpClient) {
  }

  login(username: string, password: string) {
    return this.http.post<any>(appConfig.apiUrl + '/token', {username, password})
      .pipe(map(user => {
        if (user && user.token) {
          localStorage.setItem('currentUser', JSON.stringify(user));
        }
        return user;
      }));
  }
}
```

Figura 10. Código para el inicio de sesión. Fuente: Elaboración propia.

(f) Interfaces. A continuación, se presenta una imagen de las diversas interfaces utilizadas (Figura 11).



Figura 11. Formulario de inicio de sesión. Fuente: Elaboración propia.

(g) **Pruebas unitarias.** En la figura 12 se puede detallar la imagen correspondiente a una de las pruebas unitarias realizadas.

```

1  public function test_verificar_existencia_de_usuario() {
2      $this->assertDatabaseHas('users',[
3          'username' => 'usertest'
4      ]);
5
6  }
```

Figura 12. Prueba unitaria verificando la existencia de un usuario. Fuente: Elaboración propia.

(h) **Pruebas de aceptación.** En la tabla 9 se describe lo relativo a las pruebas de aceptación de una de las iteraciones.

Tabla 9. Resultado de las pruebas de aceptación

ID	HISTORIA DE USUARIO	RESULTADOS ESPERADOS	RESULTADOS OBTENIDOS
19	Como funcionario necesito crear documentos PDF para adjuntar información en la hoja de ruta.	Mostrar opción de creación de documentos PDF.	Satisfactorio
20	Como funcionario conectar con la API de la ADSIB para acceder a las funcionalidades que ofrece.	Enviar el pin por Jacobitus. Conectar con las funciones que ofrece la ADSIB.	Satisfactorio Satisfactorio
21	Como funcionario necesito firmar documentos PDF para adicionar una firma en un documento de la hoja de ruta.	Firmar un documento PDF enviando los parámetros requeridos por la api. Convertir el documento PDF a base 64.	Satisfactorio Satisfactorio
22	Como funcionario necesito verificar documento con firma digital para ver las firmas en el documento.	Enviar los parámetros y el documento a verificar, y recibir como respuesta la información sobre la firma.	Satisfactorio
23	Como funcionario necesito ver el buzón con las hojas de ruta derivadas para tener la lista de solicitudes que precisan de mi autorización.	Mostrar las hojas de ruta derivadas a mi cargo.	Satisfactorio
24	Como funcionario necesito ver el detalle de la hoja de ruta para tener el conocimiento de lo que se necesita realizar.	Seleccionar una hoja de ruta y ver el detalle.	Satisfactorio
		Mostrar en el detalle los archivos adjuntos.	Satisfactorio
25	Como funcionario necesito concluir una hoja de ruta para autorizar la solicitud presentada en la hoja de ruta.	Ver el estado de la hoja de ruta.	Satisfactorio
		Mostrar la opción para concluir la hoja de ruta. Revisar que el estado de la hoja de ruta ha cambiado tras su conclusión.	Satisfactorio Satisfactorio

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la implementación de firma digital en los documentos electrónicos registrados vinculada a la iteración 4, referida a la firma y verificación de documentos digitales, solo se contemplaron los elementos de: (a) Codificación, (b) Interfaces y (c) Pruebas de aceptación.

CONCLUSIONES

El sistema web de correspondencia para la gestión de documentación electrónica en los trámites del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, en colaboración con la ADSIB, provee un programa para validar el uso de las firmas y con el registro apropiado. El sistema accede a las funciones para firmar y validar las firmas en un documento PDF. Para validar la firma, se acompaña el Certificado Digital del titular que contiene su respectiva clave pública y sus datos de identidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATT. (2016). Bolivia Ingresa A La Era De La Firma Digital. La Paz – Bolivia. Disponible en: <https://www.att.gob.bo/content/bolivia-ingresa-la-era-de-la-firma-digital>
- Baquero, J. (2020). *Arquitectura del Software*. Disponible en: <https://www.arsys.es/blog/arquitectura-software/>
- Cem. Kaner. (2008). *Pruebas de Software Como Ciencia Social*. Disponible en: <http://www.kaner.com/pdfs/KanerSocialScienceSTEP.pdf>
- Echeverri, J., Aristizábal, M. y González, L. (2013). *Reflexiones sobre ingeniería de requisitos y pruebas de software*. Medellín, Colombia: Corporación Universitaria Remington. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/biblioteca-cauab/68913?page=67>
- EcuRED (2020). *Arquitectura Cliente Servidor*. Disponible en: https://www.ecured.cu/Arquitectura_Cliente_Servidor
- Fernández, E., Gutiérrez, J., ; Delgado, R.; Lopez, R. (2020). Aplicación web para la gestión de diplomas digitales en centros de capacitación mediante firma electrónica y blockchain *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*; Lousada, E28: 498-509. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/e3b85a7260c758fd48b22ce5c52f0ced/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Kimmel, P. (2008). *Manual de UML*. México. Disponible en https://www.academia.edu/13285619/Manual_de_UML
- León y Asato. (2009). **Modelado de negocios programa de desarrollo**. 4 edición, España.
- Ley N° 164. (2011). Ley General de Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación. Disponible en: https://www.minedu.gob.bo/files/documentos-normativos/leyes/ley_164__ley_general_de_telecomunicaciones_tecnologias_de_informacin_y_comunicacion.pdf
- Pressman, R. (2010). **Ingeniería del Software**. México.
- Sayago, P. (2019). *Análisis Comparativo entre los Estándares Orientados a Servicios Web SOAP, REST y GraphQL*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/public>

ation/339660087_Analisis_Comparativo_entre_los_Estandares_Orientados_a_Servicios_Web_SOAP_REST_y_GRAPHQL

Sommerville, I. (2011). **Ingeniería de Software**. México.

The PostgreSQL (2020). *Los gestores de Bases de Datos*. Disponible en: <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>

Currículo de Autores

Antonio Vera

Licenciado en Educación Biología y Química Magister Scientiarum Ecología Aplicada, Mención Ecología Terrestre. Ventidos (22) años de docente e investigador universitario cátedras Ecología, Educación Ambiental y Seminario de Investigaciones Biológicas. Universidad del Zulia (LUZ). Facultad de Humanidades y Educación, Centro de Investigaciones Biológicas, Laboratorio de Ecología. Venezuela.

David Flores Flores

Ingeniero en Sistemas. Técnico encargado de las computadoras KUAS o QUIPUS en el Municipio. Responsable de sistemas e informática del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos. Bolivia.

Jorge Antonio Molina Galván

Ingeniero Civil y Magister en Ingeniería de Carreteras y Puentes, ejercicio profesional como asistente técnico, director y supervisor e inspector de obras civiles. Fue supervisor del proyecto de construcción civil de Teleférico La Paz-El Alto. Universidad Privada de Bolivia. Bolivia.

Sergio Andrés Rossells Lovera

Licenciado en Ingeniería de Sistemas con diplomado en telecomunicaciones. Anteriormente, administrador de infraestructura para una petrolera. Actualmente, Arquitecto de Soluciones de TI con foco en B2B, data center, servidores, networking, virtualización, sistemas apoyo a la toma de decisiones y sistemas de seguridad electrónica y ciberseguridad. Universidad Católica Boliviana. Bolivia.

Currículo de Autores

Sergio Foghin-Pillin

Profesor de Geografía (UPEL-IPC, 1976). Magister Scientiarum en Administración Ambiental (Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas, 1985). Doctor Honoris Causa UPEL (2016). Docente jubilado de Meteorología y Climatología. Investigador Activo del Centro de Investigación Estudios del Medio Físico Venezolano (UPEL). Fundador de la Revista Aula y Ambiente. Adicionalmente, Director y Editor de esta Revista para el período 2001-2005. Venezuela.

Víctor Hugo Pérez Rojas

Ingeniero en Sistemas, especialista en desarrollo de aplicaciones Web, apasionado por el uso de nuevas tecnologías de Internet. Actualmente trabaja como Ingeniero de Software en el Servicio Departamental de Salud. Más de 10 años trabajando en el sector público y privado como Consultor Informático. Experiencia como docente en las materias de tecnología y desarrollo de software. Bolivia.

Yeferson Sergio Romero Nina

Ingeniero Civil con experiencia práctica en diseños de Proyectos de Agua Potable y Riego Tecnificado, incluidos el rendimiento, la funcionalidad, la integración, los sistemas y la aceptación del usuario. Universidad Autónoma Tomás Frías. Bolivia.

REBI

REVISTA BOLIVIANA
DE INGENIERÍA

VOLUMEN 3 NÚMERO 1
ENERO - JUNIO 2021

ISSN: 2710-0901
ISSN-L: 2710-0901



RELIN
EDITORIAL