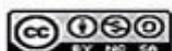




Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



**Aplicación del algoritmo genético para el cálculo del diámetro de las tuberías
de una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto 2018**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

AUTOR:

Israel Alejandro Flores García.

ASESOR:

Ing. M. Sc. Pedro Antonio Gonzales Sánchez.

Tarapoto-Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



**Aplicación del algoritmo genético para el cálculo del diámetro de las tuberías
de una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto 2018**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

AUTOR:

Israel Alejandro Flores García.

Sustentada y aprobada el 2 de abril de 2019, ante el honorable jurado:

.....
Ing. Carlos Armando Rios López
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Janina Cotrina Linares
Secretaria

.....
Ing. Cristian Werner García Estrella
Vocal

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Israel Alejandro Flores García identificado con DNI N° 73473897, egresado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada **“Aplicación del algoritmo genético para el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto 2018”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido plagiada, ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, de mostrar indicios de plagio(al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación(al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 22 de abril de 2019


.....
Israel Alejandro Flores García
DNI N° 73474897



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Flores García Israel Alejandro			
Código de alumno :	117111	Teléfono:	998791816	
Correo electrónico :	isflogar0103@gmail.com		DNI:	73273897

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería de Sistemas e Informática
Escuela Profesional de:	Ingeniería de Sistemas e Informática

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Aplicación del algoritmo genético para el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto 2018
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.


.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

14, 05, 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado:

A mis familiares, sobre todo a mi madre Rosa García Lozano que me enseñó a ser fuerte y a no rendirme a pesar de los obstáculos que se tiene en la vida.

Agradecimiento

A mi asesor Ing. Msc. Pedro Antonio Gonzales Sánchez por su ayuda profesional y motivación para poder realizar esta tesis.

A mis jurados Ing. Carlos Ríos Armando Ríos Lopez, Ing. Janina Cotrina Linares, Ing. Cristian Werner García Estrella que me ayudaron para poder realizar de manera correcta la documentación y redacción de este trabajo.

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto a través del Instituto de Investigación y Desarrollo, por darme las facilidades económicas para desarrollar mí proyecto de tesis y poder cumplir este objetivo profesional.

A mis amigos y compañeros que con cada pregunta “¿para cuándo la tesis?” me incentivaban a apresurar el proceso de mi titulación.

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xii
Resumen	xv
Abstract.....	xvi
Lista de siglas, abreviaturas y símbolos	xvii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1. Antecedentes a la investigación	3
1.2. Marco teórico	5
1.2.1. Algoritmo genético	5
1.2.2. Red de distribución de agua potable.....	11
1.2.3. Modelo de optimización de redes de distribución de agua potable.....	14
1.2.4. Sistema de información	21
1.3. Definición de términos básicos.....	26
1.4. Hipótesis	27
1.4.1. Hipótesis alterna	27
1.4.2. Hipótesis nula	27
1.5. Sistema de variables.....	28
1.6. Escala de medición	28
1.7. Objetivos.....	28
1.7.1. Objetivo general	28
1.7.2. Objetivos específicos	28

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1. Universo y muestra	29
2.1.1. Universo	29
2.1.2. Muestra	29
2.2. Ámbito geográfico	29
2.3. Diseño de investigación	29
2.4. Procedimientos y técnicas	30
2.5. Instrumento de procesamiento de datos	34
2.6. Prueba de hipótesis	34
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1. Resultados	40
3.2. Discusión de resultados	46
Conclusiones	49
Recomendaciones	50
Referencias bibliográficas	51
Anexos	53

Índice de tablas

Tabla 1: Escala de medición de las variables	28
Tabla 2: Diseño Pre-Experimental	29
Tabla 3: Reservorio para la red de distribución.....	32
Tabla 4: Nodos de la red de distribución planteada.....	32
Tabla 5: Longitud de las tuberías y uniones de la red de distribución planteadas	33
Tabla 6: Diámetros comerciales con su código binario.....	33
Tabla 7: Datos obtenidos en el pre test Grupo de control	36
Tabla 8: Datos obtenidos en el pos test Grupo experimental	37
Tabla 9: Resumen de resultados del pre y pos test	38
Tabla 10: Resumen de resultados para le prueba de hipótesis	39
Tabla 11: Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución antes.....	40
Tabla 12: Resultado del número adecuado de presiones de agua en la red de distribución antes.....	41
Tabla 13: Resultado del tiempo del proceso del cálculo del diámetro de las tuberías de la red de distribución antes	41
Tabla 14: Resultado del costo de las tuberías de la red de distribución de agua antes.....	42
Tabla 15: Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución antes y después	42
Tabla 16: Resultado número adecuado de presiones de agua en la red de distribución antes y después	43
Tabla 17: Resultado del tiempo del proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución antes y después.....	43
Tabla 18: Resultado del costo de las tuberías de la red de distribución de agua antes y después	44
Tabla 19: valoración del sistema informático basado el modelo del algoritmo genético....	45
Tabla 20: Especificación de caso de uso registrar proyecto	72
Tabla 21: Especificación de caso de uso registrar reservorio.....	72
Tabla 22: Especificación de caso de uso registrar nodos	72
Tabla 23: Especificación de caso de uso registrar tuberías	73
Tabla 24: Especificación de caso de uso registrar diámetros y precios.....	73

Tabla 25: Especificación de caso de uso registrar proceso hidráulico	74
Tabla 26: Especificación de caso de uso reporte de iteraciones.....	74
Tabla 27: Especificación de caso de uso registrar proceso optimizado	75
Tabla 28: Especificación de caso de uso reporte de matrices.....	75
Tabla 29: Especificación de caso de uso reporte de la solución más óptima	76
Tabla 30: Especificación de caso de uso reporte gráfico de la función objetivo.....	76
Tabla 31: Especificación de caso de uso registrar fluidos.....	77
Tabla 32: Especificación de Caso de Uso Registrar Materiales	77
Tabla 33: Especificación de caso de uso registrar usuario	77
Tabla 34: Especificación de caso de uso registrar módulo.....	78
Tabla 35: Especificación de caso de uso registrar perfil	78
Tabla 36: Especificación de caso de uso registrar accesos.....	78

Índice de figuras

Figura 1: Individuo genético binario	7
Figura 2: Cruzamiento de un punto	9
Figura 3: Cruzamiento de dos puntos	9
Figura 4: Operador mutación.....	10
Figura 5: Funcionamiento del algoritmo genético simple	10
Figura 6: Red abierta	11
Figura 7: Desventaja de la red abierta	12
Figura 8: Red cerrada	12
Figura 9: Ventaja de la red cerrada.....	13
Figura 10: Diagrama del proceso del sistema informático para calcular el diámetro de las tuberías de la red de distribución de agua potable.....	31
Figura 11: Gráfico de la red de distribución de agua potable planteada	32
Figura 12: Determinación de la región crítica	36
Figura 13: Ubicación del estadístico de prueba en el gráfico de la distribución normal.....	39
Figura 14: Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución antes	40
Figura 15: Resultado del número adecuado de presiones de agua en la red de distribución (antes)	41
Figura 16: Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución antes y después.....	42
Figura 17: Resultado del número adecuado de presiones de agua en la red de distribución antes y después	43
Figura 18: Resultado del tiempo del proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución antes y después	44
Figura 19: Resultado del costo de las tuberías de la red de distribución de agua antes y después	44
Figura 20: Relación de la variable X sobre la variable Y	46
Figura 21: Diagrama de casos de uso del negocio.....	66
Figura 22: Diagrama del dominio.....	69
Figura 23: Diagrama de caso de uso gestionar proyectos	70
Figura 24: Diagrama de caso de uso gestionar mantenimientos	71

Figura 25: Diagrama de caso de uso gestionar seguridad	71
Figura 26: Diagrama de colaboración registrar proyecto	79
Figura 27: Diagrama de colaboración registrar reservorio	79
Figura 28: Diagrama de colaboración registrar nodos.....	79
Figura 29: Diagrama de colaboración registrar tuberías	79
Figura 30: Diagrama de colaboración registrar diámetros y precios.....	79
Figura 31: Diagrama de colaboración registrar proceso hidráulico	79
Figura 32: Diagrama de colaboración registrar proceso optimizado.....	79
Figura 33: Diagrama de colaboración registrar fluidos	79
Figura 34: Diagrama de colaboración registrar materiales.....	79
Figura 35: Diagrama de colaboración registrar módulo	79
Figura 36: Diagrama de colaboración registrar perfil	79
Figura 37: Diagrama de colaboración registrar usuario	79
Figura 38: Diagrama de colaboración registrar accesos	79
Figura 39: Diagrama de colaboración reporte iteraciones.....	79
Figura 40: Diagrama de colaboración reporte de matrices.....	79
Figura 41: Diagrama de colaboración reporte de la solución más optima	79
Figura 42: Diagrama de colaboración reporte de la función objetivo	79
Figura 43: Diagrama de secuencia registrar reservorio	79
Figura 44: Diagrama de secuencia registrar nodos.....	79
Figura 45: Diagrama de secuencia registrar tuberías.....	79
Figura 46: Diagrama de secuencia registrar diámetros y precios	79
Figura 47: Diagrama de secuencia registrar proceso hidráulico.....	79
Figura 48: Diagrama de secuencia registrar proceso optimizado.....	79
Figura 49: Diagrama de secuencia registrar fluidos	79
Figura 50: Diagrama de secuencia registrar materiales.....	79
Figura 51: Diagrama de secuencia registrar módulo	79
Figura 52: Diagrama de secuencia registrar perfil.....	79
Figura 53: Diagrama de secuencia registrar usuario	79
Figura 54: Diagrama de secuencia registrar accesos	79
Figura 55: Diagrama de secuencia reporte de iteraciones	79
Figura 56: Diagrama de secuencia reporte de matrices.....	79
Figura 57: Diagrama de secuencia reporte de la función objetivo	79
Figura 58: Diagrama de secuencia reporte de la solución optima.....	79

Figura 59: Diagrama de clases.....	79
Figura 60: Diagrama de despliegue	79
Figura 61: Diagrama de componentes	79

Resumen

Las redes de distribución de agua potable son sistemas que tienen como objetivo abastecer de agua potable a la población. Realizar el diseño adecuado de las redes de distribución de agua tiene un alto grado de dificultad por aspectos de tipo hidráulico y económico, el no hacerlo trae como consecuencia las fugas de agua. Las causas de las fugas de agua se clasifican como físicas y operacionales. Las físicas son factores a las que se pueden aplicar acciones de control y prevención, entre ellas encontramos: el inadecuado diámetro, inadecuada presión e inadecuada velocidad de agua en las tuberías. Las operacionales son factores incontrolables como acción de terceros, desastres naturales, otros. (Albarrán Ulsen, y otros, 1997). El problema de las fugas de agua se hace evidente en el distrito de Tarapoto por Emapa San Martín, empresa encargada del abastecimiento de agua potable, esta ha reportado en los últimos años cuantiosas fugas de agua de causa de tipo física; en el año 2015 se detectaron 612 fugas, el 2016 se detectaron 1611 fugas, dando a entender que no se ha realizado un adecuado análisis hidráulico.

El objetivo de este estudio es el de desarrollar un sistema basado en el modelo del algoritmo genético para mejorar el proceso del cálculo del diámetro de las tuberías de las redes de distribución de agua potable. Con este objetivo, la pregunta de investigación es la siguiente: “¿Cómo mejorar el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto?”.

La pregunta de la investigación se responde a través de un estudio de tipo aplicado transversal, en el cual se tuvo la apreciación de un profesional de la carrera de Ingeniería Civil, comparando la influencia de los diámetros en la presión, velocidad y costo de cada tubería obtenidos con un método manual (pre test) y automatizado (sistema basados en el modelo del algoritmo genético). La respuesta obtenida nos indica que, con la aplicación del sistema informático basado en el modelo del algoritmo genético, el 100% de las tuberías tienen el diámetro adecuado, en comparación con el método manual que alcanzó solo el 38% de las tuberías tengan el diámetro adecuado.

Palabras clave: Red de distribución, Algoritmo genético, Análisis hidráulico, Diámetro, Presión, Caudal, Velocidad, Agua potable.

Abstract

Drinking water distribution networks are systems that aim to provide drinking water to the population. Carrying out the proper design of water distribution networks has a high degree of difficulty due to hydraulic and economic aspects, failure to do so results in water leaks. The causes of water leaks are classified as physical and operational. The physical ones are factors to which control and prevention actions can be applied, among them we find: inadequate diameter, inadequate pressure and inadequate water velocity in the pipes. The operational ones are uncontrollable factors such as third-party action, natural disasters, others. (Albarrán Ulsen, and others, 1997). The problem of water leakage is evident in the district of Tarapoto by Emapa San Martín, company responsible for the supply of drinking water; this has reported in recent year's significant leakage of water of physical cause; in 2015, 612 leaks were detected. In 2016, 1611 leaks were detected, suggesting that an adequate hydraulic analysis has not been carried out.

The objective of this study is to develop a system based on the model of the genetic algorithm to improve the process of calculating the diameter of the pipelines of drinking water distribution networks. With this objective, the research question is as follows: "How to improve the calculation of the diameter of the pipes of a drinking water distribution network in the district of Tarapoto?"

The question of the research is answered through a cross-applied applied study, in which the appreciation of a civil engineering career professional was had, comparing the influence of the diameters on the pressure, speed and cost of each pipeline obtained with a manual (pre-test) and automated method (system based on the model of the genetic algorithm). The answer obtained indicates that, with the application of the computer system based on the model of the genetic algorithm, 100% of the pipes have the proper diameter, in comparison with the manual method that reached only 38% of the pipes have the diameter suitable.

Keywords: Distribution network, Genetic algorithm, Hydraulic analysis, Diameter, Pressure, Flow rate, Speed, Drinking water.



Lista de siglas, abreviaturas y símbolos

- UNSM-T:** Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- FISI:** Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.
- SENCICO:** Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.
- MCA:** Metros por columna de agua.
- SI:** Sistema Informático.
- AG:** Algoritmo Genético.

Introducción

La selección de los diámetros de las tuberías es un proceso que tiene una gran importancia en el diseño de redes de distribución de agua potable. Para realizarlo adecuadamente se toma en cuenta aspectos hidráulicos, presiones y velocidades máximas, distribución de los caudales del agua, disponibilidad de las tuberías, otros; y una inversión económica significativa, por ello tiene un alto grado de dificultad.

Actualmente el diseño de redes de distribución de agua busca cumplir el aspecto hidráulico teniendo en cuenta las presiones y velocidades máximas propuestas por las normativas de cada país sin tener en cuenta el análisis del costo de adquisición de las tuberías según el diámetro que estas puedan tener, es por ello que se debe realizar el diseño considerando el aspecto económico en base a la confiabilidad que esta pueda brindar. Esto por lo general se determina seleccionando los diámetros de las tuberías que componen la red de distribución.

Para tener la configuración de diámetros, estas son seleccionadas de un conjunto determinado de acuerdo a su disponibilidad comercial, lo que significa un problema combinarlos debido a que no es posible determinar una única solución.

En el presente trabajo se propone el uso del algoritmo genético que permite obtener soluciones para problemas combinatorios, ya que se inspira en la teoría de la evolución, moldeando el problema a una estructura de datos de un cromosoma binario, empezando con un grupo (generación) inicial de soluciones (individuos) al que se le aplica los operadores genéticos de selección, cruzamiento y mutación con la finalidad de obtener una nueva generación con individuos más fuertes y descartando a los débiles. Así mismo, para la parte del aspecto hidráulico de la red se propone el uso del método matemático del gradiente debido a que se basa en una formulación matricial tomando en cuenta las restricciones de velocidad y presión.

Se desarrolló un sistema informático uniendo ambos métodos para obtener la adecuada configuración de diámetros para las tuberías de redes de distribución de agua usando dos lenguajes de programación, PHP y Python, el primero para administración de las interfaces y muestreo de datos y el segundo para realizar el algoritmo genético y el proceso de operaciones matriciales propuestas por el método del gradiente.

Al finalizar se comprobó la influencia del algoritmo genético en el cálculo de los diámetros de las tuberías en la Red de Hanoi, compuesta por 34 tuberías, 1 reservorio y 31 nodos,

permitiendo obtener la configuración de diámetros adecuada, dando a la red confiabilidad y a un costo mínimo.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes a la investigación

Después de realizar la búsqueda de antecedentes de la investigación se encontraron dos de nivel internacional y una nacional, las cuales se muestran a continuación.

Internacionales

(Sanchez, 2007) en su tesis de Maestría “Un Método para Rehabilitar Redes de Distribución de Agua Potable basado en un Algoritmo Genético” tuvo como objetivo general presentar una metodología que permita determinar las tuberías que conviene sustituir en una red cuya carga de presión en algunos nudos con demanda es relativamente baja. Utilizó un algoritmo genético simple, el mismo que al estar basado en analogías sobre la naturaleza y evolución de organismos, intenta optimizar funciones sujetas a ciertas restricciones. El algoritmo propone una solución próxima a la óptima global del problema, y al ser considerada como la alternativa más adecuada, también define el orden en que deben reemplazarse las tuberías. A partir de los resultados obtenidos en la investigación, tuvo como conclusiones que el buen funcionamiento de los servicios públicos en una sociedad es necesario para el desarrollo adecuado de la vida. Entre estos servicios, la satisfacción de las demandas de agua potable, en cualquier momento del día, es de suma importancia. El diseño de los sistemas de distribución se realiza de modo que las redes de tuberías sean capaces de transportar el gasto demandado en los puntos de entrega, cumpliendo además una carga de presión mínima requerida. Sin embargo, aun cuando los sistemas se diseñen adecuadamente, garantizar el cumplimiento de los requerimientos solicitados por los usuarios, a través de los años, es un compromiso que solamente se cumple si las condiciones físicas de la red son adecuadas. Así pues, la necesidad de mejorar las condiciones de los sistemas que no satisfacen las demandas que le son solicitadas, utilizando la menor cantidad de recursos económicos, es la motivación principal del trabajo de tesis presentado. El problema planteado se solucionó al modificar los conductos de una red, buscando incrementar la carga de presión en los nudos donde se concentra la demanda, a un mínimo costo.

(Octavio, 2009) en su tesis “Diseño Económico de Redes de Distribución de Agua a Presión por el Método del Algoritmo Genético” tuvo como objetivo general diseñar

económicamente redes de distribución de agua a presión por tres diferentes métodos. Los tres métodos que utilizó en su investigación fueron Búsqueda Binaria, I-pai Wu y Algoritmos Genético. A partir de los resultados obtenidos, tuvo como conclusiones que de forma satisfactoria se diseñó económicamente redes de distribución de agua a presión por los tres métodos propuestos. Se creó una base de datos con tuberías del mercado con sus respectivas características físicas y económicas. Se analizó los métodos de pendiente crítica y velocidad máxima, así mismo la utilización de las fórmulas propuestas por Hazen-Williams, Darcy-Weisbach y Chezy-Manning, las mismas que sirvieron para el cálculo de redes ramificadas. Se aplicó el método de I-pai Wu, búsqueda binaria y el algoritmo genético en una red propuesta como ejemplo y se comparó sus resultados. Se creó un software académico que permite calcular, analizar y determinar la solución más efectiva en el diseño óptimo-económico de redes ramificadas de distribución de agua a presión por el método Convencional, I-pai Wu, Búsqueda Binaria y Algoritmos Genéticos. Se comprobó que un resultado óptimo con algoritmos genéticos, depende del número de generaciones y número de población que el interesado determine para cada tipo de red. El tiempo que tarda en el cálculo por Algoritmo Genético depende del número de generaciones y tamaño de la población, para una red de doce líneas con mil generaciones y cien individuos el proceso tarda quince minutos aproximadamente. El procedimiento de cruce en la reproducción de individuos por algoritmos genéticos es completamente aleatorio y proporciona resultados no válidos.

Nacionales

(Porras, 2017) en su tesis de grado “Aplicación del Algoritmo Genético Multiobjetivo Strength Pareto Evolutionary Algorithm y su efectividad en el Diseño de Redes de Agua Potable. Caso: Sector Viñani-Tacna”, tuvo como objetivo general demostrar la efectividad de la aplicación del algoritmo genético Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA) en el diseño de redes de agua potable Caso: Sector Viñani-Tacna. Luego de obtener resultados, en su investigación tuvo como conclusiones que el Algoritmo Evolutivo Multiobjetivo de Frente de Pareto (SPEA) realizado en Matlab R2012 para el diseño óptimo de redes de distribución de agua es adecuado ya que la elección de los diámetros cumplen con las restricciones hidráulicas, es decir, las presiones y velocidades máximas, el comportamiento energético, conservación de masa en los nudos, las restricciones comerciales de disponibilidad de diámetros, la fiabilidad

de la red poco vulnerable a todo tipo de fallas que reducen la eficiencia de las redes y generan una pérdida económica a los organismos operadores del sistema de distribución de este tipo de líquido. El SPEA se aplica a redes de gran tamaño, minimiza el problema y reduce los cálculos, así como el tiempo. Realiza un análisis integral que implica una optimización simultánea de dos funciones objetivo: Máxima confiabilidad y mínimo costo para un diseño óptimo que asegura la calidad del método. De este modo, se puede adoptar cualquier alternativa de acuerdo a las necesidades. El método del gradiente es el mejor método de cálculo de redes debido a que la manipulación de las matrices dispersas reduce el tiempo de cálculo en el computador el cual no es posible en el método de la teoría lineal. Además, toma en cuenta para el diseño de tuberías las pérdidas de energía, conservación de la masa lo que no garantiza otros métodos como Hardy Cross y Newton Raphson. Las distintas técnicas evolutivas son numerosas, pero pocos son aplicados al diseño de Redes de distribución de agua que permitan al profesional tomar decisiones adecuadas para llevar a cada ser humano este vital líquido de manera segura y eficaz tomando en cuenta los objetivos al mismo tiempo.

1.2. Marco teórico

1.2.1. Algoritmo genético

Es un método adaptativo que puede usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin (1859). Por imitación de este proceso, el algoritmo genético es capaz de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas. (Abdelmalik & Larrañaga, 2008).

Es un algoritmo de búsqueda basados en la mecánica de selección natural y de la genética natural. Combinan la supervivencia del más apto entre estructuras de secuencias con un intercambio de información estructurado, aun-que aleatorizado, para constituir así un algoritmo de búsqueda que tenga algo de las genialidades de las búsquedas humanas. (Goldberg, 1989).

En la naturaleza los individuos de una población compiten entre sí con la finalidad de poder subsistir en su habitat tanto en la búsqueda de alimento, poderío de la población, otros. Aquellos individuos que logran sobrevivir tienen mayor probabilidad de crear descendientes, lo que significa que los genes de los individuos padres se propagaran en las siguientes generaciones. La combinación de las buenas características de los individuos padres hace que sus descendientes sean “supe individuos” cuya probabilidad de sobrevivir a su entorno sea mayor que las de sus ancestros. Así los individuos van evolucionando haciendo que su característica para sobrevivir a su entorno sea mejor.

Los algoritmos genéticos simulan el comportamiento natural. Operan con una población de individuos, donde cada individuo representa una posible solución a un problema planteado. A cada individuo se le asigna un valor o puntuación relacionado a la solución del problema planteado. En la naturaleza esto es similar al grado de efectividad de un individuo para competir y adaptarse a su entorno. Si un individuo es mejor adaptado al problema tiene mayor posibilidad que este sea seleccionado para reproducirse, cruzando sus genes con otro individuo seleccionado de igual manera. Este cruce generara nuevos individuos, descendientes de los anteriores, compartiendo algunas características de sus padres. A menor adaptación de un individuo, menor será la probabilidad de que sea seleccionado para la reproducción, y por ende su material genético no se propague en posteriores generaciones. Y así se genera una nueva población de posibles soluciones, reemplazando a la anterior y con individuos que contienen las mejores características. Si el algoritmo genético ha sido bien diseñado, la población convergerá hacia una solución óptima del problema (Abdelmalik & Larrañaga, 2008).

1.2.1.1. Codificación del problema

Los individuos, posibles soluciones, pueden ser representados con una serie de parámetros, denominados genes, que agrupados genera un valor, referido como cromosoma que recibe el nombre de genotipo. El genotipo contiene la información necesaria para la creación del organismo, es decir la solución al problema. Jhon Holland planteo la codificación mediante valores binarios, 0 y 1. Se asigna un determinado número de bits a cada parámetro y se realiza una discretización de la

variable representada por cada gen. El número de bits asignados dependerá del grado de ajuste que se desee alcanzar.

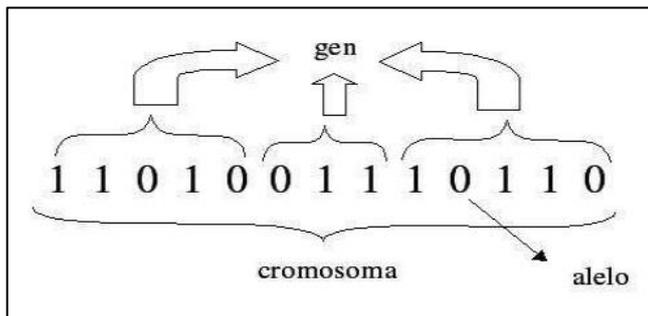


Figura 1: Individuo genético binario. (Fuente: Gesta, 2013)

1.2.1.2. Población

1.2.1.2.1. Tamaño de la población

El tamaño de la población es una de las dudas que nos planteamos a la hora de trabajar con el algoritmo genético ya que se desea saber cuál debe ser el tamaño idóneo de la población. Intuitivamente en poblaciones pequeñas se corre el riesgo de no tener un adecuado espacio de búsqueda, pero al trabajar con una población de gran tamaño se puede tener el problema con el excesivo costo computacional, tiempo de procesamiento.

1.2.1.2.2. Población inicial

Para generar la población inicial se escoge individuos al azar, previamente generando su código genético. En los pocos trabajos que existen sobre este aspecto, se constata que esta inicialización no aleatoria de la población inicial, puede acelerar la convergencia del algoritmo genético. Sin embargo, en algunos casos la desventaja resulta ser la prematura convergencia del algoritmo, queriendo indicar con esto la convergencia hacia óptimos locales. (Abdelmalik & Larrañaga, 2008).

1.2.1.3. Función de aptitud (Fitness)

Es la función objetivo en los problemas de optimización. Ésta se debe maximizar y/o minimizar, encontrando valores para los diferentes parámetros que resulten óptimos al ser reemplazados en la función objetivo. La función objetivo debe reflejar los aspectos más relevantes del problema; estableciéndose las condiciones que restringen los resultados proporcionados por el algoritmo. El valor de la Función de Aptitud representa la calidad de la solución o el fitness de cada individuo. (Beasley, Bull, & Martin, 1993).

1.2.1.4. Operadores genéticos

Para ir de una generación a la siguiente se aplican una serie de operadores genéticos. Los más empleados son los operadores de selección, cruzamiento y mutación.

1.2.1.4.1. Selección

Este operador se encarga de escoger que individuos tendrán la oportunidad de reproducirse y cuáles no. Puesto que se trata de imitar lo que ocurre en la naturaleza, se ha de otorgar un mayor número de oportunidades de reproducción a los individuos más aptos. Por lo tanto, la selección de un individuo estará relacionada con su valor de ajuste. (Apaza, 2013).

1.2.1.4.2. Cruzamiento

Este operador actúa sobre una pareja de individuos y normalmente originan otro par de individuos que heredan la combinación de algunas características de los progenitores. (Fabela, 1999).

1.2.1.4.2.1. De un punto

Se elige aleatoriamente un único punto de cruce entre los $m - 1$ posibles, donde m es el número de genes del cromosoma.

<u>PADRES</u>	<u>HIJOS</u>
0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1

Figura 2: Cruzamiento de un punto. (Fuente: Sánchez, 2000)

1.2.1.4.2.2. De dos puntos

Este operador funciona de manera similar a la anterior, la diferencia es que se escoge dos puntos de corte de manera aleatoria, las subcadenas intercambiadas son las que se encuentran entre los dos puntos de cruce.

<u>PADRES</u>	<u>HIJOS</u>
0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 0 1 0 1 1 1
1 1 1 1 0 0 0 0	1 1 1 0 1 0 0 0

Figura 3: Cruzamiento de dos puntos. (Fuente: Sánchez, 2000)

1.2.1.4.3. Mutación

Se aplica a cada hijo de manera individual, y consiste en la alteración aleatoria (normalmente con probabilidad pequeña) de cada gen componente del cromosoma. (Abdelmalik & Larrañaga, 2008).

Cada individuo nuevo se someterá a la mutación, en la cual se modifica su información genética. Generalmente, la mutación consiste en la inversión del valor de uno de sus cromosomas. Los cambios generados en la información genética del individuo permiten al algoritmo realizar cambios en la región de búsqueda, posibilitando el salto hacia un máximo global en caso de un estancamiento ocasionado por la proliferación de individuos similares.

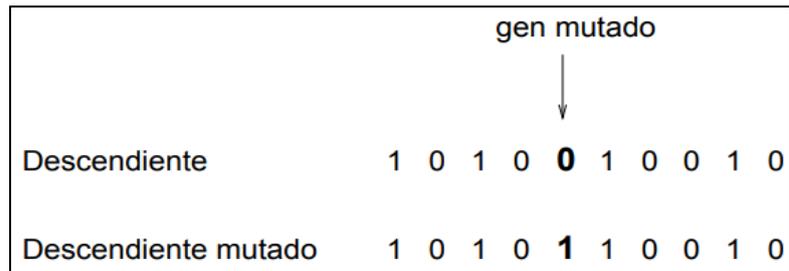


Figura 4: Operador mutación. (Fuente: Abdelmalik & Larrañaga, 2008)

1.2.1.5. Funcionamiento del algoritmo genético simple

1. Se inicia codificando la población inicial con cromosomas(individuos) al azar.
2. Se decodifica y evalúa el fitness de cada cromosoma(individuo) en la población.
3. Se reproduce una nueva población, para ello se selecciona lo cromosomas(individuos), de acuerdo a su fitness, para procrear una descendencia nueva.
4. Se aplica los operadores de cruzamiento y mutación a los nuevos cromosomas(individuos).
5. Los puntos 2 y 4 se repiten hasta completar el número determinado de iteraciones(poblaciones).

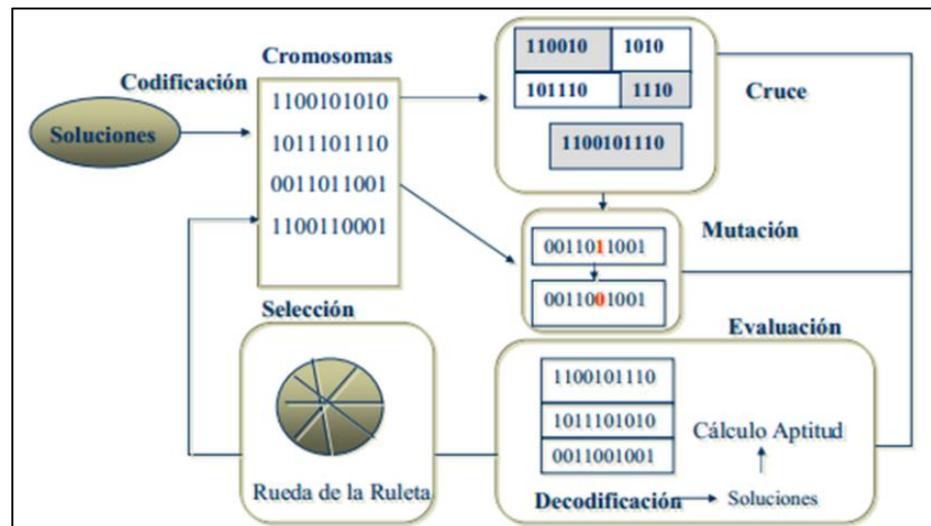


Figura 5: Funcionamiento del algoritmo genético simple. (Fuente: Arranz P., Algoritmos Genéticos, 2009)

1.2.2. Red de distribución de agua potable

Una red de distribución de agua potable es un conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas. (SENCICO, 2018).

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de tuberías trabajando a presión, que se instalan en las vías de comunicación de los urbanismos y a partir de las cuales serán abastecidas las diferentes parcelas o edificaciones de un desarrollo. (Civil, s.f.).

1.2.2.1. Tipología

Las redes de distribución en general o bien según su función o localización por áreas pueden ser de dos grandes tipos:

a) Red abierta

Es aquella que va uniendo los diferentes puntos de consumo con una única tubería.

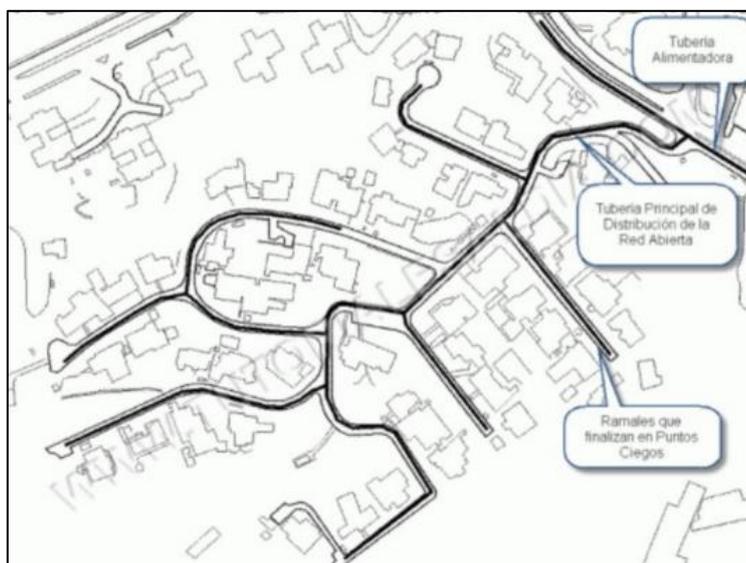


Figura 6: Red abierta. (Fuente: Civil, s.f.)

La desventaja de este tipo de red es que ante la falla o rotura de alguna de sus tuberías, para poder repararlo, se tendrá que dejar sin servicio a los usuarios que son atendidos por las tuberías que están debajo de la rotura, mientras se realicen los trabajos de reparación.

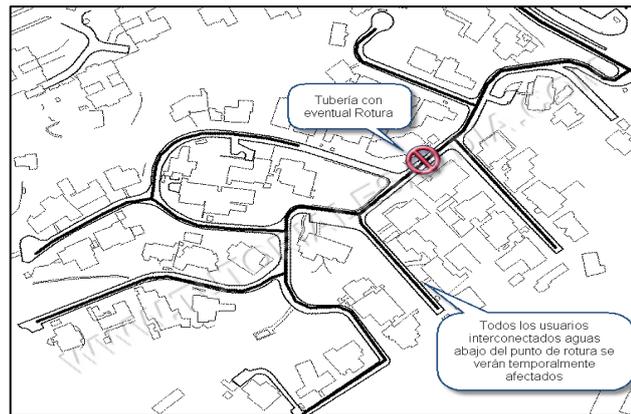


Figura 7: Desventaja de la red abierta. (Fuente: Civil, s.f.)

La ventaja de este tipo de red es en cuanto al cálculo ya que su resolución es directa y no se toma en cuenta ciertas condiciones hidráulicas como el cálculo de las pérdidas de cada tubería, para los caudales en tránsito.

b) Red cerrada

Es aquella que va formando cuadrículas, consiguiéndose que cada punto de consumo tenga más de una vía de flujo.



Figura 8: Red cerrada. (Fuente: Civil, s.f.)

La ventaja de este tipo de red es del punto de vista de la eficiencia y garantía del servicio, ya que ante la posibilidad de alguna falla o rotura en cualquier tubería de la red, no se afecta a los usuarios que están debajo de la rotura, ya que se establece rutas alternas para el flujo del agua.

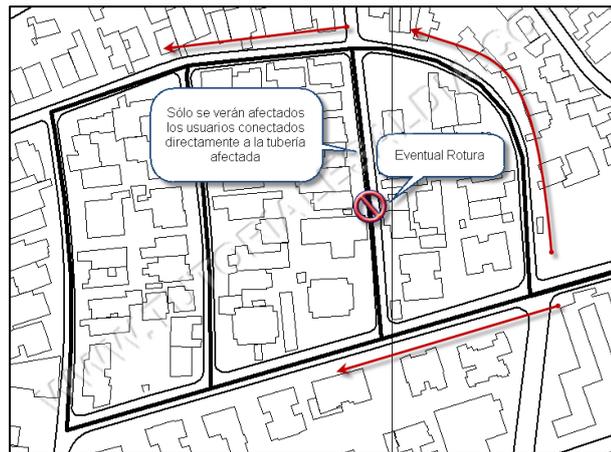


Figura 9: Ventaja de la red cerrada. (Fuente: Civil, s.f.)

La desventaja de este tipo de red es a nivel de cálculo ya que se tiene que tomar en cuenta las condiciones hidráulicas tales como caudales en tránsito, presión en los nodos y pérdidas de carga, dada esta complejidad se tiene que recurrir a métodos iterativos como el método de Cross para su resolución y esto se complica aún más de acuerdo a la cantidad de tuberías que se tiene en la red y hacerlo de manera manual tiene ciertos inconvenientes.

La mayoría de desarrollos urbanos seleccionan la tipología cerrada, a pesar que se requiere más tuberías y mayor costo para su creación, por motivo de eficiencia y garantía del servicio. En estos casos predomina el criterio operativo o de confiabilidad de costo.

1.2.2.2. Consideraciones según normativa peruana

Para que la red sea considerada adecuada se debe considerar las siguientes restricciones (SENCICO, 2018):

La velocidad del fluido en las tuberías debe ser mayor o igual a 3 m/s y menor o igual a 5 m/s. La velocidad de un fluido a través de una tubería es algo que se debe analizar pues si esta es demasiado alta se presentan problemas de desgaste de las paredes por fricción la cual puede destruir la película de inhibidor que en algunos casos protege la pared de la tubería dejándola expuesta a la corrosión o si la fricción es muy alta se puede presentar desgaste de la tubería por abrasión; por otra

parte, si la velocidad es demasiado baja se pueden presentar problemas de acumulación de sólidos y esto reduce el tamaño de la tubería.

La presión en las tuberías debe ser mayor o igual a 10 y menor o igual a 50 mca.

1.2.3. Modelo de optimización de redes de distribución de agua potable

Para una topología dada, con tuberías y puntos de demanda dados, el diseño óptimo de una red de distribución de agua, representada por un grafo, consiste en encontrar la combinación comercial de diámetros de tuberías, la cual representa el costo mínimo de la red, sujeta a determinadas restricciones hidráulicas. (Pereyra, 2016).

1.2.3.1. Ecuación del costo mínimo, función de aptitud

$$\text{Minimizar } f(D_j) = \sum_{j=1}^{NT} C_j x(D_j, L_j)$$

Para el costo de la red, NT es el número de tuberías, L_j es la longitud de la tubería j , C_j es el costo por metro para dicha tubería, y D_j es el diámetro. Cada red de distribución de agua potable esta sujeta a las restricciones que se muestra a continuación:

Conservación de la masa

Esta ley establece que el volumen de agua por unidad de tiempo que ingresa por el nodo n es igual al volumen de agua saliente, en el mismo nodo.

$$-\sum Q_{in} + \sum Q_{out} + DM = 0$$

Donde Q_{in} es el caudal que ingresa al nodo n , Q_{out} es el caudal saliente y DM es el consumo en dicho nodo.

Conservación de la energía

La ley establece que la sumatoria de cada una de las pérdidas de carga para una malla o loop cerrado debe ser igual a cero.

$$\sum_{j=1}^T \Delta H_j = 0 \quad \forall T \in M$$

Donde M el número de mallas y T el número de tuberías perteneciente a dicha malla.

Cada tubería posee una determinada rugosidad, ésta, se expresa como un factor adimensional (H_j) dependiendo de la ecuación de pérdida de carga que se utilice.

Perdida de carga

La pérdida de carga en una red de distribución de agua es la pérdida de presión causada por la fricción, tanto de tuberías como de otros componentes de la red como válvulas y piezas especiales, con el agua o fluido circulante.

Presiones mínimas y máximas requeridas

Cada nodo de la red debe proporcionar la presión mínima requerida. Siendo V el número de nodos en la red, la restricción puede definirse de la siguiente manera:

$$H_{min,n} \geq H_n \leq H_{max,n} \quad \forall T \in V$$

Donde H_n representa la presión en el nodo n , $H_{min,n}$ es la presión mínima requerida y $H_{max,n}$ es la presión máxima requerida.

1.2.3.2. Ecuaciones hidráulicas

Ecuación de Hazen Williams

$$\Delta H_j = H_{j,n} - H_{j,k} = w \frac{L_j}{C^\alpha D_j^\beta} Q_j^\alpha \quad \forall j \in E$$

ΔH_j representa la pérdida de carga en la tubería j , $H_{j,n}$ y $H_{j,k}$ es la presión al comienzo y al final de la tubería j en los nodos n y k respectivamente, w es un factor de conversión de unidades, Q es el caudal expresado en m^3/s , que circula en la tubería j , L_j es la

longitud de la tubería, expresada en metros, C el coeficiente de Hazen Williams, el cual es un valor adimensional y depende del tipo de material de la tubería, D_j es el diámetro expresado en metros.

Ecuación de Darcy Weisbach

$$\Delta H_j = H_{j,n} - H_{j,k} = f \frac{L_j V^2}{D_j 2g} \quad \forall j \in E$$

La pérdida de carga está expresada en función de la velocidad del agua, L_j es la longitud de la tubería j , D_j es el diámetro, g es la aceleración de la gravedad equivalente a 9.8 m/s^2 , y f es el coeficiente de fricción, cuyo cálculo depende del tipo de régimen del fluido: laminar, transición o turbulento.

1.2.3.3. Análisis hidráulico

Las redes de distribución se proyectarán, en principio y siempre que sea posible en circuito cerrado formando malla. Su dimensionamiento se realizará en base a cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red debiendo garantizar en lo posible una mesa de presiones paralela al terreno. (SENCICO, 2018).

El análisis hidráulico permite resolver las restricciones establecidas por las ecuaciones hidráulicas, tanto para la conservación de la masa, como para la conservación de la energía. En este análisis se calculan los caudales circulantes para cada tubería, la presión en cada nodo, y otras variables, como la velocidad del agua o el sentido de circulación. En otras palabras, el análisis permite determinar el comportamiento hidráulico de una red de distribución en función de los datos dados como el diámetro de las tuberías, los consumos en cada nodo o la altura del embalse. Este comportamiento permite saber de forma anticipada si la red actual cumple con las restricciones de presión y de caudal, de esta manera, se puede evaluar la red y considerar otros diámetros para mejorar los valores de las variables, como la presión o caudal. (Pereyra, 2016).

Caudal de la tubería

$$Q_{ij} = \frac{q}{NT}$$

Donde:

q = Es la demanda total de los nodos al inicio.

NT = Es el número total de las tuberías que componen la red.

Área de la sección de la tubería

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Donde:

π = Pi.

d = Es el diámetro de la tubería.

Coefficiente de fricción – reynolds (Re_{ij})

$$Re_{ij} = \frac{V * d_{ij}}{\nu}$$

Donde:

V = Velocidad del fluido por la tubería.

d_{ij} = Diámetro de la tubería.

ν = Viscosidad cinemática del fluido.

Rugosidad relativa (R_f)

$$R_f = \frac{K_s}{d}$$

Donde:

K_s = Coeficiente de fricción por el material de la tubería.

d = Diámetro de la tubería.

Factor de fricción

Para poder calcular el factor de fricción hay que tener en cuenta el cálculo del número reynolds y se sigue los siguientes pasos:

Si el reynolds es menor o igual a 2200 se procede a utilizar la siguiente formula:

$$f = \frac{64}{Re_{ij}}$$

Si no se procede a hacer lo siguiente:

Usamos dos variables bandera $f1 = 0.0001$ y un error $E = 0.0001$

Sacamos inversa de $f1$ aplicando la siguiente formula:

$$x_i = \frac{1}{\sqrt{f1}}$$

Luego procedemos a calcular $F(x_i)$ y $F'(x_i)$ con las siguientes formulas:

$$F(x_i) = -2 * \log_{10} \left(\frac{R_f}{3.7} + \frac{2.51 * x_i}{Re_{ij}} \right)$$

$$F'(x_i) = \left[\frac{-2}{\ln 10} \right] * \left[\frac{\frac{2.51}{Re_{ij}}}{\frac{R_f}{3.7} + \frac{2.51 * x_i}{Re}} \right]$$

Se procede a calcular $x_i + 1$ de la siguiente manera:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{F(x_i) - x_i}{F'(x_i) - 1}$$

Para así la siguiente comparación:

$$|x_{i+1} - x_i| \leq E$$

Si es verdadero la comparación el cálculo del factor de fricción se realiza con la siguiente formula:

$$f = \frac{1}{x_i^2}$$

Caso contrario:

$$x_i = x_{i+1}$$

Y se volvería al cálculo de $F(x_i)$ y $F'(x_i)$ para poder cumplir con la comparación del E .

Método del gradiente

Fue desarrollado por los profesores E. Todini y E.P.O'Connell en la Universidad de Newcastle upon Tyne y por R. Salgado, el cual consiste en que las ecuaciones de energía individuales para cada tubo se combinan con las ecuaciones de masa individuales en cada unión con el fin de obtener una solución simultánea tanto de los caudales en las tuberías como en las alturas piezométrica en los nudos. Este método se basa en que al tener siempre disponibilidad del fluido se garantiza que se cumplirán las ecuaciones de conservación de la masa en los nodos de la red y la de conservación de la energía en cada tubería. (Saldarriaga, 1998).

El método del gradiente indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

Las condiciones del método son las siguientes:

- Ecuación de la continuidad

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{dj} + Q_{ej} = 0$$

- Debe haber relación no lineal entre las pérdidas por fricción y el caudal para cada uno de los tubos que conforman la red.

$$Q_{ij} = -2 \frac{\sqrt{g d h_f}}{\sqrt{l}} A \log_{10} \left(\frac{k_{sij}}{3.7 d_{ij}} + \frac{2.51 v \sqrt{l}}{\sqrt{2 g d_{ij}^3 \sqrt{h_f}}} \right)$$

- En cada tubo la energía total disponible se gasta en pérdidas por fricción y en pérdidas menores:

$$H_t = h_f + \sum k_m$$

- Si se tienen en cuenta las pérdidas menores causadas por cualquier tipo de accesorios y la posible existencia de bombas en algunos de

los tubos de la red la ecuación anterior toma la siguiente forma general:

$$H_t = \alpha Q^n + \beta Q + \gamma$$

Dónde: n es el exponente que depende de la ecuación de fricción utilizada (2 para el caso de la ecuación de Darcy-Weisbach); son los parámetros característicos del tubo, las válvulas y las bombas.

- Si en una tubería en particular solo ocurren pérdidas por fricción y pérdidas menores normales (aquellas que son función de la altura de velocidad únicamente), que es el caso más normal en las tuberías que conforman la red.

$$H_t = \alpha Q^n$$

Utilizando la ecuación Darcy-Weisbach la ecuación se transforma en:

$$\begin{aligned} h_f + \sum h_m &= \alpha Q^2 \\ \left(f \frac{l}{d} + \sum h_m\right) \frac{Q^2}{2gA^2} &= \alpha Q^2 \\ \alpha &= \frac{\left(f \frac{l}{d} + \sum h_m\right)}{2gA^2} \end{aligned}$$

Es importante establecer que el parámetro α es característico del tubo que incluye los factores de pérdidas por fricción y pérdidas menores. En el caso de accesorios especiales en la tubería, como algunos tipos de válvulas, el parámetro α establece su relación con, Q^n adicional a las relaciones para las pérdidas de fricción y pérdidas menores. Para las bombas colocadas en las tuberías se requieren los tres parámetros α , β y γ a que la relación entre la altura piezométrica suministrada por la bomba y el canal es polinomial.

- Para el método del gradiente hidráulico se hacen las siguientes definiciones, con el fin de describir la topología de la red matricial.

NT = Número de tuberías de la red

NN = Número de Nudos con presión piezométrica desconocido.

NS = Número de Nudos de carga de presión fija y conocida.

[A12] = Matriz conectividad, asociado a cada uno de los nudos de la red. Dimensión NT x NN en la columna correspondiente al nudo inicial del tramo 1 en la columna correspondiente al nudo final del tramo.

[A21] = Matriz Transpuesta de kA12l de dimensiones NT x NN.

[A10] = Matriz topológico tramo a nudo para los NS nudos de carga de presión fija. Su dimensión es NT x NS con un valor igual a -1 en las filas correspondientes a los tramos conectados a nudos de carga de presión fija.

[A11] = Matriz Diagonal NT x NT.

$$[A11] = \begin{bmatrix} \alpha_1 Q_1^{(n1-1)} + \beta_1 + \frac{\gamma_1}{Q_1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha_2 Q_2^{(n2-1)} + \beta_2 + \frac{\gamma_2}{Q_2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_3 Q_3^{(n3-1)} + \beta_3 + \frac{\gamma_3}{Q_3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \alpha_{NT} Q_{NT}^{(nNT-1)} + \beta_{NT} + \frac{\gamma_{NT}}{Q_{NT}} \end{bmatrix}$$

[I] = Matriz Identidad, dimensión NTxNT.

Una vez formado las matrices se procede a desarrollar las siguientes ecuaciones:

$$[H_{i+1}] = -\{ [A21]([N][A11]')^{-1}[A12] \}^{-1} \{ ([A21]([N][A11]')^{-1} ([A11][Q_{ij}] + [A10][H_0])) - ([A21][Q_{ij}] - [q]) \}$$

$$[Q_{i+1}] = \{ [I] - ([N][A11]')^{-1}[A11] \} [Q_i] - \{ ([N][A11])^{-1}([A12][H_{i+1}] + [A10][H_0]) \}$$

Se procede al cálculo hasta que las iteraciones cumplan que $[H_{i+1}] \approx [H_i]$.

El método del gradiente no requiere la definición de caminos de energía o circuitos, esto implica que el número de datos que el usuario debe proporcionar al computador es menor, facilitándose así el manejo de los mismos. (Saldarriaga, 1998).

1.2.4. Sistema de información

Un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan, procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar los

procesos de toma de decisiones y de control de una organización. También pueden a los gerentes y trabajadores del conocimiento a analizar problemas, visualizar temas complejos y crear nuevos productos. (Laudon, 2012).

Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con un único fin, el de apoyar todas las actividades de una empresa o negocio. Teniendo en cuenta el equipo computacional que se necesita para que el sistema de información pueda operar y un grupo de personas que es el recurso humano que interactúa con el sistema de información. Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: Entrada, Almacenamiento, Procesamiento y Salida de Información. (Carrasco, 2008).

1.2.4.1. Actividades básicas de un sistema de información

Entrada de información

Es el proceso mediante el cual el Sistema de Información toma los datos que requiere para procesar la información, donde las entradas pueden ser manuales o automáticas. Las manuales son aquellas que se proporcionan en forma directa por el usuario, mientras que las automáticas son datos o información que provienen o son tomados de otros sistemas o módulos.

Almacenamiento de información

Es una de las actividades o capacidades más importantes que posee una computadora, ya que debido a esta propiedad le permite al sistema recordar la información guardada en la sección o proceso anterior.

Procesamiento de información

Es la capacidad del Sistema de Información para efectuar cálculos siguiendo una secuencia de operaciones preestablecidas. Dichos cálculos pueden efectuarse bien sea con datos introducidos recientemente en el sistema o con datos almacenados.

Salida de información

Es la capacidad de un Sistema de Información para sacar la información procesada o datos de entrada al exterior. Las unidades

típicas de salida son las impresoras, diskettes y cintas magnéticas entre otros.

Los sistemas de información también requieren retroalimentación: la salida que se devuelve a los miembros apropiados de la organización para ayudarles a evaluar o corregir la etapa de entrada.

1.2.4.2. Ventajas

- Control más efectivo de las actividades de la organización.
- Integración de las diferentes áreas que conforman la organización.
- Integración de nuevas tecnologías y herramientas de vanguardia. Ayuda a incrementar la efectividad en la operación de las empresas. Proporciona ventajas competitivas y valor agregado.
- Disponibilidad de mayor y mejor información para los usuarios en tiempo real.
- Elimina la barrera de la distancia trabajando con un mismo sistema en puntos distantes.
- Disminuye errores, tiempo y recursos superfluos. Permite comparar resultados alcanzados con los objetivos programados, con fines de evaluación y control.

1.2.4.3. Desventajas

- El tiempo que pueda tomar su implementación.
- La resistencia al cambio de los usuarios.
- Problemas técnicos, si no se hace un estudio adecuado, como fallas de hardware o de software o funciones implementadas inadecuadamente para apoyar ciertas actividades de la organización.

1.2.4.4. Metodología rup para el desarrollo de sistemas de información

a) Fase de inicio

Esta fase tiene como propósito definir y acordar el alcance del proyecto con los patrocinadores, identificar los riesgos asociados al proyecto, proponer una visión muy general de la arquitectura de software y producir el plan de las fases y el de iteraciones posteriores.

b) Fase de elaboración

En la fase de elaboración se seleccionan los casos de uso que permiten definir la arquitectura base del sistema y se desarrollaran en esta fase, se realiza la especificación de los casos de uso seleccionados y el primer análisis del dominio del problema, se diseña la solución preliminar.

c) Fase de desarrollo

El propósito de esta fase es completar la funcionalidad del sistema, para ello se deben clarificar los requerimientos pendientes, administrar los cambios de acuerdo a las evaluaciones realizados por los usuarios y se realizan las mejoras para el proyecto.

d) Fase de transición o cierre

El propósito de esta fase es asegurar que el software esté disponible para los usuarios finales, ajustar los errores y defectos encontrados en las pruebas de aceptación, capacitar a los usuarios y proveer el soporte técnico necesario. Se debe verificar que el producto cumpla con las especificaciones entregadas por las personas involucradas en el proyecto.

Artefactos

RUP en cada una de sus fases (pertenecientes a la estructura dinámica) realiza una serie de artefactos que sirven para comprender mejor tanto el análisis como el diseño del sistema (entre otros). Estos artefactos (entre otros) son los siguientes:

Inicio

- Documento visión
- Diagramas de caso de uso
- Especificación de requisitos
- Diagrama de requisitos

Elaboración

- Documento arquitectura que trabaja con las siguientes vistas:

Vista lógica

- Diagrama de clases
- Modelo E-R (Si el sistema así lo requiere)

Vista de implementación

- Diagrama de secuencia
- Diagrama de estados
- Diagrama de colaboración

Vista conceptual

- Modelo de dominio

Vista física

- Mapa de comportamiento a nivel de hardware.
- Diseño y desarrollo de casos de uso, o flujos de casos de uso arquitectónicos.
- Pruebas de los casos de uso desarrollados, que demuestran que la arquitectura documentada responde adecuadamente a requerimientos funcionales y no funcionales.

Construcción

- Especificación de requisitos faltantes.
- Diseño y desarrollo de casos de uso y/o flujos de acuerdo con la planeación iterativa.
- Pruebas de los casos de uso desarrollados, y pruebas de regresión según sea el caso.

Transición

- Pruebas finales de aceptación.
- Puesta en producción.
- Estabilización.

1.3. Definición de términos básicos

1.3.1. Algoritmo genético

Un algoritmo genético, es un procedimiento de búsqueda del óptimo de una función basado en la mecánica natural darwiniana de supervivencia de los individuos mejor adaptados. El algoritmo genético permite determinar los diámetros adecuados de cada tubería que compone la red de distribución. El procedimiento radica en crear cadenas binarias (conjuntos de unos y ceros) de acuerdo a los diámetros de cada tubería, y unirlos para calificar toda la red de distribución. Empezando por una población generada aleatoriamente, se realizan los procesos naturales de selección, cruce y mutación, obteniéndose una nueva población. Así, generación tras generación, se llega al individuo más fuerte, mejor adaptado, es decir la red de distribución con los diámetros adecuados en cada tubería que la compone. (Barrios, 1997).

1.3.2. Red de distribución de agua

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hacer llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades. (Molía, 1987).

1.3.3. Tubería PVC

Es el conducto que tiene como función transportar agua u otros fluidos, el material que tiene es el policloruro de vinilo. (Suárez, 2017).

1.3.4. Diámetro

Es un parámetro característico de la sección de un tubo o canal genérico y permite estudiar el comportamiento del flujo de igual modo que si éste fuera circular. (iagua, 2016).

1.3.5. Presión

Es la fuerza que aplica el agua sobre la pared de la tubería que lo contiene. (Barrios, 1997).

1.3.6. Velocidad

Rapidez con la que se mueve el fluido por las tuberías y al calcularla se mide el tiempo que tarda el agua en recorrer una distancia conocida. (Estrada, 2007).

1.3.7. Rugosidad

Son valores numéricos de las paredes de los canales y tuberías es función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. Los valores son determinados en mediciones tanto de laboratorio como en el campo. (HIDRÁULICA, 2019).

1.3.8. Sistema

Es un conjunto de elementos con relaciones de interacción e interdependencia que le confieren entidad propia al formar un todo unificado. (Jaramillo, 2007).

1.3.9. Sistema informático

Un sistema informático es un sistema que se encarga de procesar la información de entrada (datos) y obtener información de salida (resultado). (Chacón, 2004).

1.3.10. Agua potable

Se denomina agua potable o agua apta para el consumo humano al agua que puede ser consumida sin restricción para beber o preparar alimentos. (Jongwook, 2004).

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis alterna

Con la aplicación del Algoritmo Genético se mejorará el proceso de cálculo del diámetro de las tuberías de una Red de Distribución de Agua Potable en el distrito de Tarapoto.

1.4.2. Hipótesis nula

Con la aplicación del Algoritmo Genético no se mejorará el proceso de cálculo del diámetro de las tuberías de una Red de Distribución de Agua Potable en el distrito de Tarapoto.

1.5. Sistema de variables

En la investigación se representó a la variable dependiente con la letra “Y” y a la variable independiente con la letra “X”, las cuales se detallan a continuación:

Y: Cálculo del diámetro de tuberías de una red de distribución de agua potable.

X: Aplicación del Algoritmo Genético.

1.6. Escala de medición

Tabla 1

Escala de medición de las variables

VARIABLE	INDICADOR	MÉTRICA	ESCALA DE MEDICIÓN
Dependiente: Cálculo del diámetro de tuberías de una Red de Distribución de Agua Potable.	Y1: Número de velocidades de agua adecuadas en la red de distribución.	Numérica (m/s)	Cuantitativa
	Y2: Número de presiones de agua adecuadas en la red de distribución.	Numérica (m.c.a)	Cuantitativa
	Y3: Tiempo del proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución.	Numérico (Minutos)	Cuantitativa
	Y4: Costo de las tuberías de la red de distribución de agua.	Numérica (Soles)	Cuantitativa
Independiente: Aplicación del Algoritmo Genético.	X1: Valoración del sistema Informático basado el modelo del algoritmo genético.	Numérica (porcentaje)	Cualitativa

Fuente: Elaboración propia

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Mejorar el cálculo del diámetro de tuberías de una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto con la aplicación del algoritmo genético.

1.7.2. Objetivos específicos

- Identificar los procesos matemáticos adecuados para el cálculo hidráulico del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua.
- Desarrollar un sistema informático basado en el algoritmo genético para calcular el diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua.
- Determinar la influencia de la aplicación del algoritmo genético en el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Universo y muestra

2.1.1. Universo

EL universo de este proyecto fue el conjunto de tuberías que conformaron la red de distribución de agua potable que se simuló, el número de tuberías fue de 34. Por lo tanto, $P = 34$. Donde $P = \text{Universo}$

2.1.2. Muestra

La muestra que se usó en este proyecto fue igual al número de tuberías que conformaron la red de distribución que se simuló. Por lo tanto, $N = 34$. Donde $N = \text{muestra}$

2.2. Ámbito geográfico

Región: San Martín

Provincia: San Martín

Distrito: Tarapoto

2.3. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación fue pre-experimental de tipo aplicada - transversal, ya que se modificó la variable dependiente para poder ver la influencia que tuvo sobre la variable dependiente. Se trabajó con un grupo denominado experimental, correspondiente a la muestra, donde que aplicó el algoritmo genético mediante un sistema informático para calcular el diámetro de las tuberías de la red de distribución de agua potable que se simuló.

Tabla 2

Diseño Pre-Experimental

Estructura	Procedimientos
GE₁: O₁ ---X--- O₂	1) Precisión del grupo de estudio o muestra (Grupo experimental).
Donde:	2) Evaluación pre test al grupo de estudio (Grupo experimental).
GE ₁ : Grupo Experimental	3) Aplicación o tratamiento (al grupo experimental).
O ₁ : Evaluación pre test	4) Evaluación pos test.
O ₂ : Evaluación pos test	5) Comparación de los resultados de la evaluación pre test y evaluación pos test.
X: Sistema Informático	

Fuente: Elaboración propia

2.4. Procedimientos y técnicas

En el presente proyecto se dió inicio con la recopilación de información para poder entender el problema que atraviesan las redes de distribución de agua potable, para ello lo primero que se realizó fue solicitar información a EMAPA SAN MARTÍN, empresa encargada del abastecimiento de agua potable en el distrito de Tarapoto, (Ver Anexo 01) lo que nos dió como resultado conocimiento sobre las causas y efectos al problema de las fugas de agua.

Luego, se buscó información sobre antecedentes y se consultó a un profesional de la carrera de ingeniería civil, a través de una encuesta (Ver Anexo 02) para tener conocimiento de cómo solucionar el problema de las fugas de agua. Esto permitió conocer más a detalle el método matemático del gradiente, método que permite encontrar los caudales de agua adecuados en cada tramo de la red, esto dependiendo de los diámetros que tenga cada tubería respetando los límites de velocidad y presión para el diseño de redes de distribución de agua potable.

Inicialmente los responsables del cálculo recomendaron usar la herramienta Excel para realizar el método del gradiente y así calcular el diámetro de las tuberías, ya que era la herramienta normalmente usada por ellos, procedimiento que resultaba tedioso, complicado y requería de un tiempo significativo (aproximadamente 45 horas), ya que se tenía que realizar diferentes matrices además de hacer las operaciones de suma, resta, multiplicación, inversa, transpuesta, otros para poder calcular el caudal adecuado en cada tubería.

Otro método que los antecedentes mencionaban fue la del AG que nos permite resolver problemas de maximización o minimización donde se pueden encontrar un sinnúmero de soluciones. En el caso de las redes distribución de agua los diámetros de las tuberías son variables de decisión, estos pueden ser diferentes tanto por su dimensión y su costo, el conjunto de estos puede ayudar a prevenir las fugas de agua. El AG ayuda a reducir el costo de adquisición de las tuberías, esta se obtiene multiplicando el costo del diámetro por la longitud de la tubería, ya que es un método de búsqueda y optimización basado en la teoría de la evolución de Darwin, donde cada conjunto de diámetros es una solución y con la ayuda del AG se busca la solución más económica.

Una vez que se entendieron los pasos que se deben realizar para hacer un adecuado cálculo de los diámetros de tuberías con la aplicación del AG, se procedió a realizar el

flujo de desarrollo del sistema de información utilizando la metodología de desarrollo de software llamado UML (Ver Anexo 4).

Después de tener ya plasmado cómo será el funcionamiento del sistema de información se procedió a programarlo en plataforma web con las siguientes herramientas:

- PostgreSQL (Gestor de base de datos) - <https://www.postgresql.org/>
- CodeIgniter (Framework PHP) - <https://codeigniter.com/>
- AdminLTE (Framework para creación de interfaces) - <https://adminlte.io/themes/AdminLTE/index2.html>
- Python (Lenguaje de programación procesamiento de datos) - <https://www.python.org>
- NumPy (Libería Python para trabajar algebra lineal) - <http://www.numpy.org/>
- SQLAlchemy (Librería Python para trabajar con el transac SQL) - <https://www.sqlalchemy.org/>

El sistema de información desarrollado cuenta con 3 módulos que son proyectos, seguridad y mantenimiento (Ver Anexo 5), también se elaboró la documentación de un manual de usuario para entender su funcionamiento (Ver Anexo 6).

El flujo de proceso propuesto por la investigación para calcular el diámetro de las tuberías, es el siguiente:

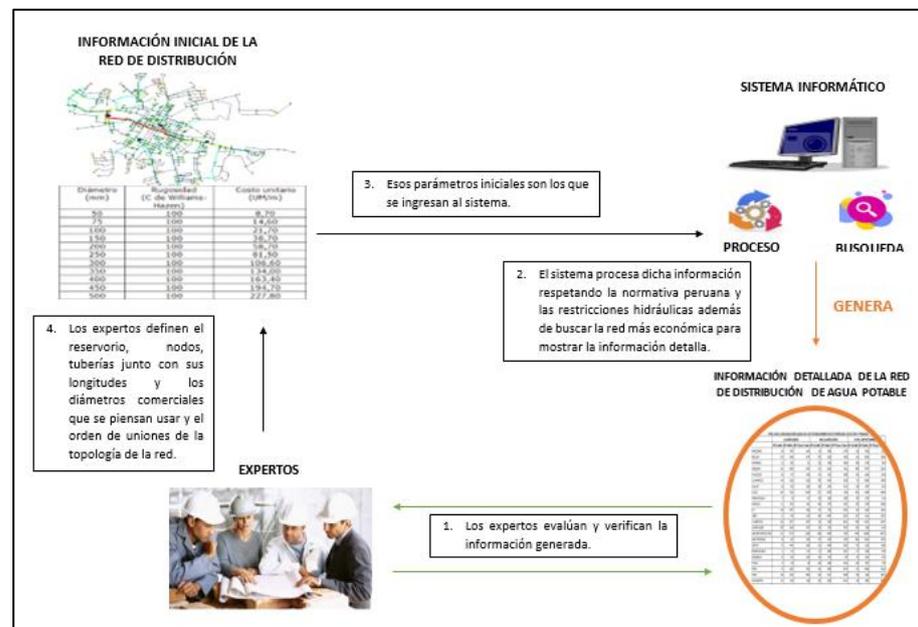


Figura 10: Diagrama del proceso del sistema informático para calcular el diámetro de las tuberías de la red de distribución de agua potable. (Fuente: Elaboración propia)

Luego de desarrollar el sistema de información se procedió a realizar la comparación entre el cálculo de diámetro de las tuberías con la herramienta Excel (pre test) y el sistema informático (pos test), para ello simuló una red de distribución de topología cerrada compuesta por 34 tuberías (Tabla 5), 1 reservorio (Tabla 3), 31 nodos (Tabla 4) y 6 diámetros (Tabla 6). A continuación, se muestra a detalle:

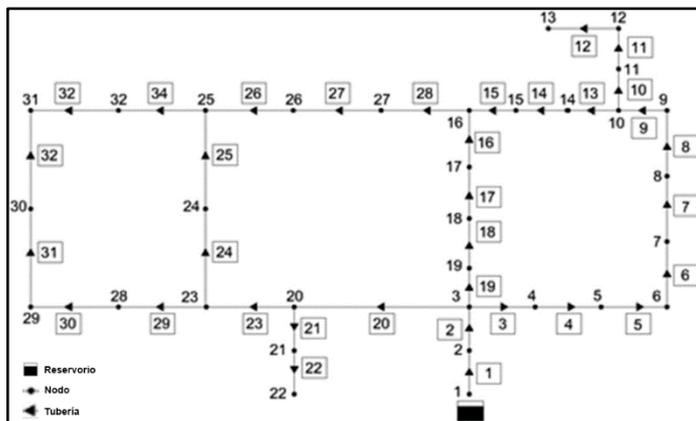


Figura 11: Gráfico de la red de distribución de agua potable planteada. (Fuente: Pino V. Edwin, 2017)

Tabla 3
Reservorio para la red de distribución

RESERVORIO	Elevación (Z)
R1	143.38

Fuente: (Pino V. Edwin, 2017)

Tabla 4
Nodos de la red de distribución planteada

Nodo	Demanda(lts/s)	Nodo	Demanda(lts/s)
N1	890	N17	1345
N2	850	N18	60
N3	130	N19	1275
N4	725	N20	930
N5	1005	N21	485
N6	1350	N22	1045
N7	550	N23	820
N8	525	N24	170
N9	525	N25	900
N10	500	N26	370
N11	560	N27	290
N12	940	N28	360
N13	615	N29	320
N14	280	N30	105
N15	310	N31	805
N16	865		

Fuente: (Pino V. Edwin, 2017)

Tabla 5
Longitud de las tuberías y uniones de la red de distribución planteadas

Tubería	Longitud(m)	Punto Inicio	Punto Fin
T1	100	R1	N1
T2	1350	N1	N2
T3	900	N2	N3
T4	1150	N3	N4
T5	1450	N4	N5
T6	450	N5	N6
T7	850	N6	N7
T8	850	N7	N8
T9	800	N8	N9
T10	950	N9	N10
T11	1200	N10	N11
T12	3500	N11	N12
T13	800	N9	N13
T14	500	N13	N14
T15	500	N14	N15
T16	2730	N15	N16
T17	1750	N16	M17
T18	800	N17	N18
T19	400	N18	N2
T20	2200	N2	N19
T21	1500	N19	N20
T22	500	N20	N21
T23	2650	N19	N22
T24	1230	N22	N23
T25	1300	N23	N24
T26	850	N24	N25
T27	300	N25	N26
T28	750	N26	N15
T29	1500	N22	N27
T30	2000	N27	N28
T31	1600	N28	N29
T32	150	N29	N30
T33	860	N30	N31
T34	950	N31	N24

Fuente: (Pino V. Edwin, 2017)

Tabla 6
Diámetros comerciales con su código binario

Diámetro (mm)	Pulgada	Costo S/.	Código binario
50.8	2	50.4	000
76.2	3	109.5	001
101.6	4	182	010
152.4	5	392.3	011
203.2	6	668.5	100
254	7	1035.1	101

Fuente: Elaboración propia

2.5. Instrumento de procesamiento de datos

Para poder comprobar estadísticamente las diferencias entre el pres y pos test se usó lo siguiente:

Media aritmética o promedio

Es el estadístico de tendencia central más significativo y corresponde variables de cualquier nivel de medición, pero particularmente a las mediciones de intervalo y de razón.

$$M = \frac{X_1 + X_2 + X \dots}{N}$$

Dónde: M, media aritmética; X, frecuencia de un valor cualquiera de la variable y N, número total de los valores considerados.

Desviación estándar

Es una medida de dispersión de las variables cuantitativas, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media o promedio. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

Varianza

Es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media o promedio.

Excel 2016

Programa de computador que se usó para crear los gráficos y calcular el promedio y desviación estándar ya que cuenta con una serie de funciones que facilitan la realización de dicho proceso.

2.6. Prueba de hipótesis

Una prueba de hipótesis es un procedimiento que nos permite cuantificar la evidencia que tiene los datos a favor o en contra de la hipótesis de interés sobre la población.

La prueba de hipótesis consiste en confrontar a dos hipótesis, la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_a), para aceptar o rechazar alguna y viceversa.

Formulación de la hipótesis estadística

$H_0: U_{GC} \leq U_{GE}$ significó que el proceso del cálculo del diámetro de las tuberías de la red de distribución de agua no se mejora en el pos test.

$H_0: U_{GC} > U_{GE}$ significó que el proceso del cálculo del diámetro de las tuberías de la red de distribución de agua se mejora en el pos test.

Nivel de significancia (α)

Este valor nos permitió calcular la zona de aceptación y rechazo que se realiza en el gráfico de la distribución normal. Se tomó $\alpha = 0.05$. Donde α = Nivel de significancia.

Valor de la distribución (t)

Este valor nos ayudó a separar la zona de aceptación y la de rechazo. Este se calcula utilizando la tabla T-Student interceptando el grado de libertad y el nivel de significancia. En el presente proyecto el grado de libertad es $n - 1 = 33$, donde n es el valor de la muestra. Teniendo en cuenta lo anterior tenemos:

$$t_{(n-1, \alpha)} = t_{(33, 0.05)} = 1.692$$

Donde t = valor de la distribución

Estadístico de prueba

Es el valor que nos ayudó a afirmar o rechazar la hipótesis nula, ya que al obtenerlo se verifica en que zona del gráfico de la distribución normal se encuentra. La fórmula que se usó para calcularlo es la siguiente:

$$U = \frac{Y_{pre} - Y_{pos}}{\sqrt{Sp^2 * \left(\frac{1}{n}\right)}}$$

Donde:

U : Estadístico de prueba

Y_{GC} : Media aritmética del grupo de control

Y_{GE} : Media aritmética del grupo experimental

Sp^2 : Varianza

n : número de la muestra

Para el cálculo de la varianza se utilizó las siguiente formula:

$$S_p^2 = \frac{S_{GC}^2 * n + S_{GE}^2 * n}{n - 1}$$

Donde:

S_{GC}^2 : Varianza del grupo de control

S_{GE}^2 : Varianza del grupo experimental

n : número de la muestra

Determinación de la región crítica

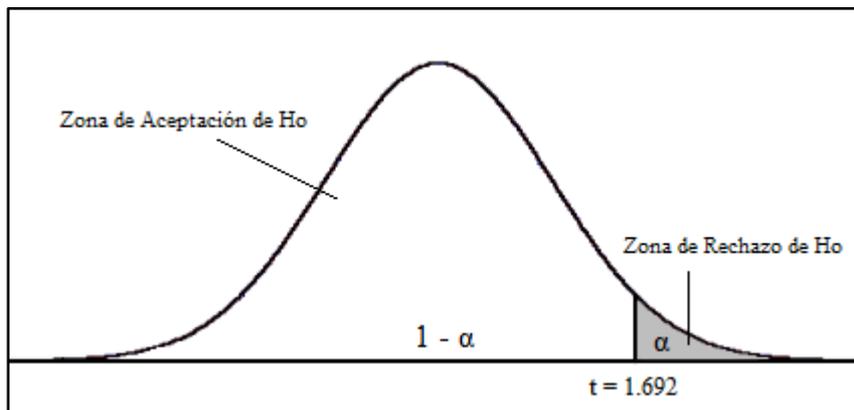


Figura 12: Determinación de la región crítica. (Fuente: Elaboración propia)

Regla de Decisión:

ACEPTAR H_0 si $U \in$ Zona de Aceptación

RECHAZAR H_0 si $U \in$ Zona de Rechazo

Obtención del valor experimental

Tabla 7

Datos obtenidos en el pre test (Grupo de control)

N°	Diámetro(mm)	Velocidad	Presión	Tiempo	Costo	Ypre
T1	254	15.889	45.626	79.4118	103510	103650.9268
T2	203.2	3.439	51.611	79.4118	902475	902609.4618
T3	152.4	7	55.75	79.4118	353070	353212.1618
T4	203.2	6.674	53.217	79.4118	768775	768914.3028
T5	254	8.836	49.407	79.4118	1500895	1501032.655
T6	50.8	9.207	54.953	79.4118	22680	22823.5718
T7	76.2	3.966	33.386	79.4118	93075	93191.7638
T8	76.2	11.985	26.418	79.4118	93075	93192.8148
T9	152.4	7.397	31.66	79.4118	313840	313958.4688
T10	254	3.49	57.886	79.4118	983345	983485.7878
T11	203.2	2.561	17.538	79.4118	802200	802299.5108

T12	76.2	11.165	57.434	79.4118	383250	383398.0108
T13	152.4	6.953	9.229	79.4118	313840	313935.5938
T14	152.4	15.651	49.642	79.4118	196150	196294.7048
T15	50.8	14.435	58.937	79.4118	27720	27872.7838
T16	254	4.716	24.506	79.4118	2825823	2825931.634
T17	152.4	4.352	32.901	79.4118	686525	686641.6648
T18	254	2.348	39.614	79.4118	828080	828201.3738
T19	76.2	10.187	26.58	79.4118	43800	43916.1788
T20	76.2	9.73	24.744	79.4118	240900	241013.8858
T21	203.2	14.353	51.373	79.4118	1002750	1002895.138
T22	101.6	14.983	14.608	79.4118	91000	91109.0028
T23	76.2	12.66	43.544	79.4118	290175	290310.6158
T24	1035.1	4.822	11.875	79.4118	1273173	1273269.109
T25	392.3	1.53	35.282	79.4118	509990	510106.2238
T26	1035.1	1.3	10.817	79.4118	879835	879926.5288
T27	101.6	15.446	12.411	79.4118	54600	54707.2688
T28	254	9.928	39.772	79.4118	776325	776454.1118
T29	101.6	10.843	34.809	79.4118	273000	273125.0638
T30	101.6	13.397	14.127	79.4118	364000	364106.9358
T31	152.4	3.641	16.376	79.4118	627680	627779.4288
T32	152.4	12.12	5.487	79.4118	58845	58942.0188
T33	254	4.663	59.767	79.4118	890186	890329.8418
T34	76.2	14.781	19.817	79.4118	104025	104139.0098

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Datos obtenidos en el pos test (Grupo experimental)

N°	Diámetro(mm)	Velocidad	Presión	Tiempo	Costo	Ypos
T1	50.8	6.71	40.53	0.32353	5040	5087.56353
T2	76.2	8.93	19.88	0.32353	147825	147854.1335
T3	50.8	8.53	22.65	0.32353	45360	45391.50353
T4	50.8	7.29	24.36	0.32353	57960	57991.97353
T5	152.4	3.12	26.62	0.32353	568835	568865.0635
T6	76.2	7.65	30.98	0.32353	49275	49313.95353
T7	50.8	7.85	27.69	0.32353	42840	42875.86353
T8	76.2	4.6	13.75	0.32353	93075	93093.67353
T9	50.8	4.8	26.34	0.32353	40320	40351.46353
T10	76.2	5.98	11.32	0.32353	104025	104042.6235
T11	76.2	8.86	46.6	0.32353	131400	131455.7835
T12	50.8	7.82	46.84	0.32353	176400	176454.9835
T13	76.2	3.29	40.22	0.32353	87600	87643.83353
T14	50.8	6.85	24.22	0.32353	25200	25231.39353
T15	50.8	4.59	39.25	0.32353	27720	27764.16353
T16	50.8	6.53	10.38	0.32353	137592	137609.2335
T17	50.8	6.14	18.82	0.32353	88200	88225.28353
T18	50.8	6.6	45.2	0.32353	40320	40372.12353

T19	101.6	8.68	23.28	0.32353	72800	72832.28353
T20	76.2	4.72	21.3	0.32353	240900	240926.3435
T21	50.8	3.32	14.58	0.32353	75600	75618.22353
T22	101.6	6.38	34.73	0.32353	91000	91041.43353
T23	50.8	5.25	22.92	0.32353	133560	133588.4935
T24	76.2	6.3	32.59	0.32353	134685	134724.2135
T25	50.8	6.26	46.21	0.32353	65520	65572.79353
T26	101.6	5.35	39.69	0.32353	154700	154745.3635
T27	101.6	4.41	35.34	0.32353	54600	54640.07353
T28	101.6	6.25	15.6	0.32353	136500	136522.1735
T29	50.8	8.76	39.33	0.32353	75600	75648.41353
T30	50.8	4.75	33.33	0.32353	100800	100838.4035
T31	50.8	8.97	10.79	0.32353	80640	80660.08353
T32	152.4	6.14	38.35	0.32353	58845	58889.81353
T33	76.2	8.47	34.81	0.32353	94170	94213.60353
T34	76.2	6.97	42.2	0.32353	104025	104074.4935

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Resumen de resultados del pre y pos test

TUBERIA	GRUPO DE CONTROL	GRUPO EXPERIMENTAL
T1	103650.9268	5087.56353
T2	902609.4618	147854.1335
T3	353212.1618	45391.50353
T4	768914.3028	57991.97353
T5	1501032.655	568865.0635
T6	22823.5718	49313.95353
T7	93191.7638	42875.86353
T8	93192.8148	93093.67353
T9	313958.4688	40351.46353
T10	983485.7878	104042.6235
T11	802299.5108	131455.7835
T12	383398.0108	176454.9835
T13	313935.5938	87643.83353
T14	196294.7048	25231.39353
T15	27872.7838	27764.16353
T16	2825931.634	137609.2335
T17	686641.6648	88225.28353
T18	828201.3738	40372.12353
T19	43916.1788	72832.28353
T20	241013.8858	240926.3435
T21	1002895.138	75618.22353
T22	91109.0028	91041.43353
T23	290310.6158	133588.4935
T24	1273269.109	134724.2135

T25	510106.2238	65572.79353
T26	879926.5288	154745.3635
T27	54707.2688	54640.07353
T28	776454.1118	136522.1735
T29	273125.0638	75648.41353
T30	364106.9358	100838.4035
T31	627779.4288	80660.08353
T32	58942.0188	58889.81353
T33	890329.8418	94213.60353
T34	104139.0098	104074.4935
MEDIA (Y)	549493.4574	104240.0241
VARIANZA(S)	3.18553E+11	9136835810

Fuente: Elaboración propia

Procesando las fórmulas mencionadas anteriormente obtuvimos el siguiente resumen de resultados:

Tabla 10

Resumen de resultados para la prueba de hipótesis

S_{GC}^2	3.18553E+11
S_{GE}^2	9136835810
Y_{GC}	549493.4574
Y_{GE}	104240.0241
N	34
S_P^2	3.3762E+11
U	4.468201546
t	1.692

Fuente: Elaboración propia

Decisión

Rechazar la H_0 ya $U \in$ Zona de Rechazo y aceptar H_a

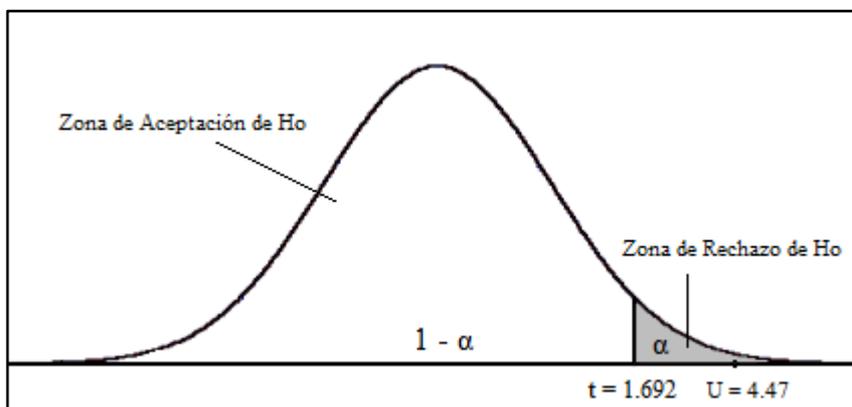


Figura 13: Ubicación del estadístico de prueba en el gráfico de la distribución normal. (Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Sobre el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua potable:

Se tomó en cuenta que para tener un adecuado diámetro en las tuberías el flujo de agua en estas debe tener la velocidad entre 3 y 10 m/s y la presión entre 10 y 50 mca; así mismo se comparó el tiempo tarda en calcular los diámetros y el costo de adquisición de las tuberías. A continuación, se muestra los resultados obtenidos:

Tabla 11

Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución (antes)

Calificación	Cantidad	Porcentaje
Adecuada	16	47%
Inadecuada	18	53%
Total	34	100%

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución antes. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla anterior con la herramienta Excel (método manual), un 53% de las velocidades del agua son inadecuadas y el 47% es adecuado. Por lo que se puede

decir que el método utilizado no es el adecuado para obtener la velocidad del agua necesaria en cada tubería de la red de distribución.

Tabla 12

Resultado del número adecuado de presiones de agua en la red de distribución (antes)

Calificación	Cantidad	Porcentaje
Adecuada	23	68%
Inadecuada	11	32%
Total	34	100%

Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Resultado del número adecuado de presiones de agua en la red de distribución antes. (Fuente: Elaboración propia)

Con relación al número adecuado de presiones de agua en la red de distribución el 68% es adecuado y el 32% es inadecuado, esto dio a entender que una gran parte de la red de distribución transportaría adecuadamente el flujo del agua, pero en otro sector se tendría problemas y podría causar rupturas en las tuberías. Por lo que se puede decir que la herramienta Excel (método manual) no es adecuado para obtener la presión del agua necesaria en cada tubería de la red de distribución.

Tabla 13

Resultado del tiempo del proceso del cálculo del diámetro de las tuberías de la red de distribución (antes)

Proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución	Tiempo en minutos
	2700(45horas)

Fuente: Elaboración propia

El tiempo que se tarda el profesional de la carrera de ingeniería civil en calcular los diámetros de la red de distribución, con el fin de conocer si es el adecuado es aproximadamente 45 horas.

Tabla 14

Resultado del costo de las tuberías de la red de distribución de agua (antes)

Costo de las tuberías de la red de distribución de agua	Soles S/ 18678612

Fuente: Elaboración propia

El costo de las tuberías de la red de distribución fue de S/. 18,678,612.00

Sobre la influencia del sistema informático basado en el modelo del algoritmo genético en la mejora del cálculo del diámetro de las tuberías de la red de distribución de agua potable

Luego de desarrollar el sistema informático se procesó la información para calcular el diámetro adecuado para cada tubería de la red de distribución de agua potable, de manera que se pueda obtener la velocidad y presión del agua, costo de cada tubería y el tiempo que tarda el sistema en realizar todo el proceso.

Tabla 15

Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución (antes y después)

Calificación	Antes		Después	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Adecuada	16	47%	34	100%
Inadecuada	18	53%	0	0%
Total	34	100%	34	100%

Fuente: Elaboración

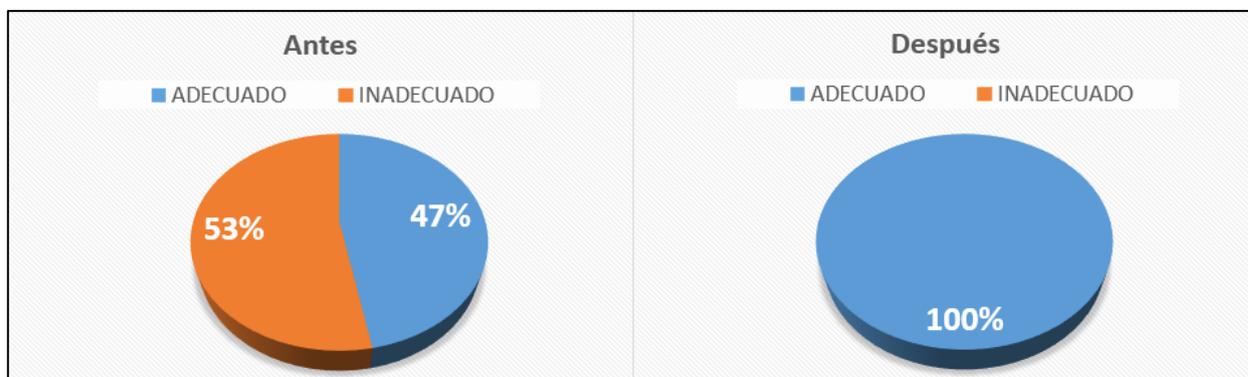


Figura 16: Resultado del número adecuado de velocidades del agua en la red de distribución antes y después. (Fuente: Elaboración propia)

Con el uso del sistema informático el 100% de las velocidades del agua en cada tubería resultaron adecuadas, en comparación al 47% que se obtuvo con el método anterior. Con lo mencionado anteriormente se puede afirmar que el actual proceso del cálculo del diámetro permite obtener de forma correcta la velocidad del agua que viajara por cada tubería previniendo el rozamiento excesivo, al ser muy rápido, y la acumulación de residuos, al ser muy lento.

Tabla 16

Resultado número adecuado de presiones de agua en la red de distribución (antes y después)

Calificación	Antes		Después	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Adecuada	23	68%	34	100%
Inadecuada	11	32%	0	0%
Total	34	100%	34	100%

Fuente: Elaboración propia

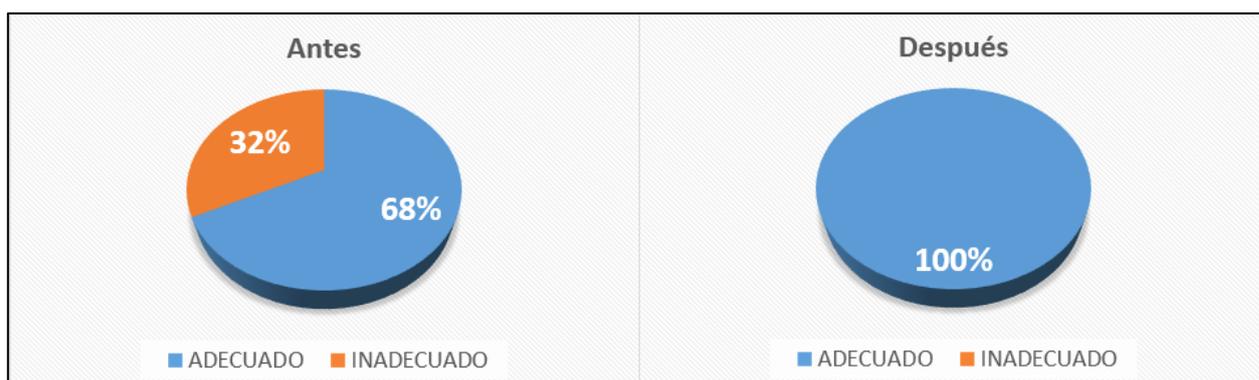


Figura 17: Resultado del número adecuado de presiones de agua en la red de distribución antes y después. (Fuente: Elaboración propia)

Con el uso del sistema informático el 100% de las presiones del agua en cada tubería resultaron adecuadas, en comparación al 68% que se obtuvo con el método anterior. Con lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que el actual proceso del cálculo del diámetro permite obtener de forma correcta la presión del agua que tendrá cada tubería previniendo la dilatación de estas al no ser la adecuada.

Tabla 17

Resultado del tiempo del proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución (antes y después)

Proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución	Antes Minutos	Después Minutos	Diferencia
	2700(45horas)	11	2689

Fuente: Elaboración propia

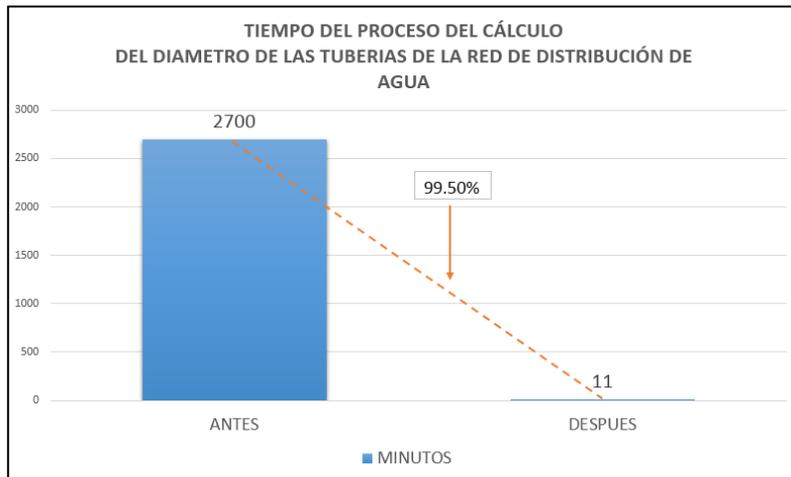


Figura 18: Resultado del tiempo del proceso del cálculo del diámetro de cada tubería de la red de distribución antes y después. (Fuente: Elaboración)

En cuanto al tiempo del proceso para conocer los diámetros de las tuberías de la red de distribución de agua, antes del uso del sistema informático, se tardaba 2700 min (45 horas) y con el uso del sistema se tardó un promedio de 11 minutos, obteniendo de esta manera una reducción de tiempo de un 99.50% gracias al proceso automatizado de la solución desarrollada (Figura 18).

Tabla 18

Resultado del costo de las tuberías de la red de distribución de agua. (antes y después)

Costo de las tuberías de la red de distribución de agua	Antes	Después	Diferencia
	S/	S/	
	18678612	3542932	15135680

Fuente: Elaboración propia

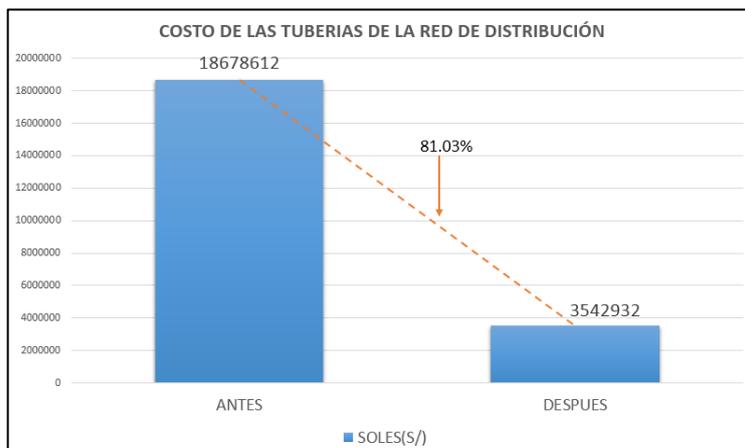


Figura 19: Resultado del costo de las tuberías de la red de distribución de agua antes y después. (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto al costo de las tuberías de la red de distribución de agua, antes el costo de las tuberías era de S/. 1,867,612.00 y después del uso del sistema, el costo de las tuberías fue S/. 3,542,932.00 obteniendo de esta manera una reducción de un 81.03% gracias al proceso automatizado de la solución desarrollada. (Figura 19).

Sobre la valoración del sistema informático basado el modelo del algoritmo genético

Para poder obtener dichos valores se realizó una encuesta tomando en cuenta la apreciación del profesional de ingeniería civil sobre los datos obtenidos por en el post y pre test.

Tabla 19

Valoración del sistema informático basado el modelo del algoritmo genético

TUBERÍA	CON LA HERRAMIENTA EXCEL			CON EL SISTEMA INFORMATICO			TOTAL
	Considera que la velocidad en la tubería es	Considera que la presión en la tubería es	Considera que el diámetro en la tubería es	Considera que la velocidad en la tubería es	Considera que la presión en la tubería es	Considera que el diámetro en la tubería es	
T1	1	2	1	2	2	2	6
T2	2	1	1	2	2	2	6
T3	2	1	1	2	2	2	6
T4	2	1	1	2	2	2	6
T5	2	2	2	2	2	2	6
T6	2	1	1	2	2	2	6
T7	2	2	2	2	2	2	6
T8	1	2	1	2	2	2	6
T9	2	2	2	2	2	2	6
T10	2	1	1	2	2	2	6
T11	1	2	2	2	2	2	6
T12	1	1	1	2	2	2	6
T13	2	1	1	2	2	2	6
T14	1	2	1	2	2	2	6
T15	1	1	1	2	2	2	6
T16	2	2	2	2	2	2	6
T17	2	2	2	2	2	2	6
T18	1	2	2	2	2	2	6
T19	1	2	1	2	2	2	6
T20	2	2	2	2	2	2	6
T21	1	1	1	2	2	2	6
T22	1	2	1	2	2	2	6
T23	1	2	1	2	2	2	6
T24	2	2	2	2	2	2	6
T25	1	2	2	2	2	2	6
T26	1	2	2	2	2	2	6
T27	1	2	1	2	2	2	6
T28	2	2	2	2	2	2	6
T29	1	2	1	2	2	2	6
T30	1	2	1	2	2	2	6
T31	2	2	2	2	2	2	6
T32	1	1	1	2	2	2	6
T33	2	1	1	2	2	2	6
T34	1	2	1	2	2	2	6

Fuente: Elaboración propia

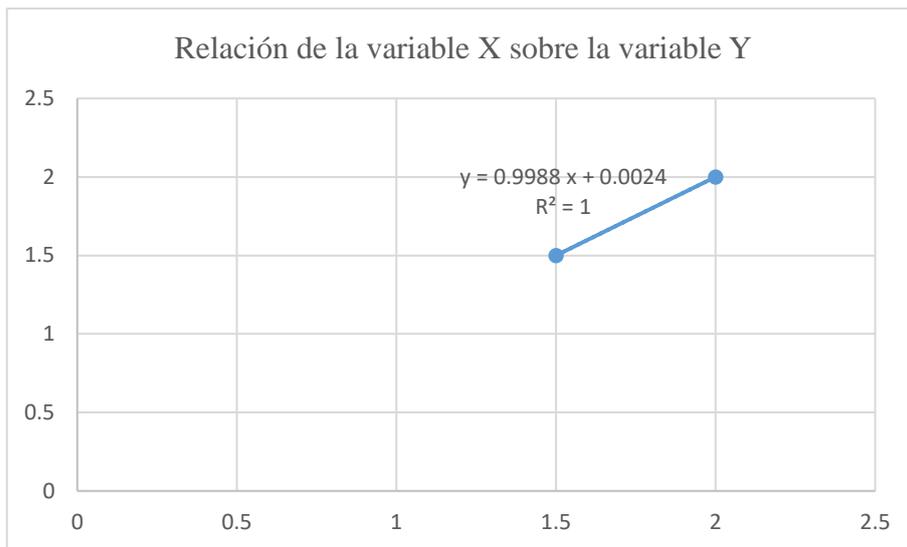


Figura 20: Relación de la variable X sobre la variable Y. (Fuente: Elaboración propia)

Podemos decir que el valor de $R^2 = 1$ es el coeficiente de determinación y se define como la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. En este proyecto se ha obtenido el valor “1” que indica que existe una relación perfecta entre las variables, por ello existe una fuerte relación entre ellas. Cuando se aplica el AG se logra mejorar el cálculo del diámetro de las tuberías en una red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto.

3.2. Discusión de resultados

Sobre el cálculo hidráulico del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua

(Porras, 2017) en su tesis de grado “Aplicación del Algoritmo Genético Multiobjetivo Strength Pareto Evolutionary Algorithm y su efectividad en el Diseño de Redes de Agua Potable. Caso: Sector Viñani-Tacna” explica que el método del gradiente es el mejor método de cálculo de redes debido a que la manipulación de las matrices dispersas reduce el tiempo de cálculo en el computador el cual no es posible en el método de la teoría lineal. Además, toma en cuenta para el diseño de tuberías las pérdidas de energía, conservación de la masa lo que no garantiza otros métodos como Hardy Cross y Newton Raphson. Esto guarda relación con los resultados que se obtuvieron con las velocidades (Figura 16) y presiones (Figura 17) de agua en cada tubería después del uso del sistema informático ya que el 100% son adecuadas con ayuda del método gradiente, además de reducir enormemente el tiempo del cálculo (Figura 18) a comparación del anterior método.

Sobre desarrollar un sistema informático basado en el algoritmo genético para calcular el diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua

(Octavio, 2009) en su tesis “Diseño Económico de Redes de Distribución de Agua a Presión por el Método del Algoritmo Genético” explica que creó un software académico que permite calcular, analizar y determinar la solución más efectiva en el diseño óptimo-económico de redes ramificadas de distribución de agua a presión por el método Convencional, I-pai Wu, Búsqueda Binaria y Algoritmos Genéticos. Se comprobó que un resultado óptimo con algoritmos genéticos, depende del número de generaciones y número de población que el interesado determine para cada tipo de red. Esto guarda relación con el proyecto ya que el AG demora más tiempo si se aumenta el número de generaciones y generaciones.

(Sanchez, 2007) en su tesis de Maestría “Un Método para Rehabilitar Redes de Distribución de Agua Potable basado en un Algoritmo Genético” explica que el AG propone una solución próxima a la óptima global del problema, y al ser considerada como la alternativa más adecuada, también define el orden en que deben reemplazarse las tuberías y tuvo como conclusiones que el buen funcionamiento de los servicios públicos en una sociedad es necesario para el desarrollo adecuado de la vida. Entre estos servicios, la satisfacción de las demandas de agua potable, en cualquier momento del día, es de suma importancia. El diseño de los sistemas de distribución se realiza de modo que las redes de tuberías sean capaces de transportar el gasto demandado en los puntos de entrega, cumpliendo además una carga de presión mínima requerida. Sin embargo, aun cuando los sistemas se diseñen adecuadamente, garantizar el cumplimiento de los requerimientos solicitados por los usuarios, a través de los años, es un compromiso que solamente se cumple si las condiciones físicas de la red son adecuadas. Así pues, la necesidad de mejorar las condiciones de los sistemas que no satisfacen las demandas que le son solicitadas, utilizando la menor cantidad de recursos económicos. Esto guarda relación con el proyecto ya que no solo se logró mejorar las condiciones hidráulicas con el cálculo del diámetro sino también disminuyó el costo de adquisición de las tuberías (Figura 29).

Sobre determinar la influencia de la aplicación del algoritmo genético en el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua

(Porras, 2017) en su tesis de grado “Aplicación del Algoritmo Genético Multiobjetivo Strength Pareto Evolutionary Algorithm y su efectividad en el Diseño de Redes de Agua Potable. Caso: Sector Viñani-Tacna”, tuvo como conclusiones que el Algoritmo Evolutivo

Multiobjetivo de Frente de Pareto (SPEA) realizado en Matlab R2012 para el diseño óptimo de redes de distribución de agua es adecuado ya que la elección de los diámetros cumplen con las restricciones hidráulicas, es decir, las presiones y velocidades máximas, el comportamiento energético, conservación de masa en los nudos, las restricciones comerciales de disponibilidad de diámetros, la fiabilidad de la red poco vulnerable a todo tipo de fallas que reducen la eficiencia de las redes y generan una pérdida económica a los organismos operadores del sistema de distribución de este tipo de líquido. Esto guarda relación con los resultados obtenidos en el pos test con ayuda del sistema informático donde se logró obtener la velocidad y presión del agua y los diámetros adecuados para cada tubería, también de reducir el tiempo para obtener dichos resultados y el costo de adquisición para las tuberías de la red de distribución.

Conclusiones

1. El gradiente es el método matemático adecuado para realizar el análisis hidráulico de redes de distribución de agua, su efectividad ha sido comprobada no solo al obtener el conjunto de diámetros adecuados, el 100% de aceptación, para cada tubería sino también en cumplir con los límites de velocidad y presión en cada una de ellas.
2. Se desarrolló el sistema informático teniendo en cuenta el método del gradiente para mejorar el cálculo hidráulico, tener las velocidades y presiones adecuadas en cada tubería en un 100%, y el AG para determinar el conjunto de diámetros económicos, reduciendo el costo de adquisición de las tuberías un 82.03% y el tiempo del cálculo de los diámetros un 99.5%.
3. Se determinó que la influencia de la aplicación del AG en el cálculo del diámetro de las tuberías de una red de distribución de agua es buena, donde la variable Y obtuvo un valor de 0.9988 y la variable X obtuvo un valor de 0.0024 dando como resultado $R^2 = 1$.
4. Finalmente, en la prueba de hipótesis se obtuvo el valor de $t = 1.692$ y el estadístico de prueba $U = 4.47$, de manera que se aceptó la hipótesis alternativa, por lo tanto, se afirma que con la aplicación del algoritmo genético se mejoró el cálculo del diámetro de las tuberías en una red de distribución de agua en el distrito de Tarapoto.

Recomendaciones

1. Usar del sistema informático basado en el modelo del AG para el diseño de red de distribución de agua potable, dada su importante contribución que tiene para obtener los diámetros adecuados en cada tubería y reducir el costo de inversión para adquirirlas.
2. A Emapa San Martín, tener un adecuado mapeo de las velocidades y presiones de todos los tramos de la red de distribución para evitar mayores gastos en mantenimiento y así poder evitar las fugas de agua.
3. A la Universidad Nacional de San Martín promueva más investigaciones de este tipo en coordinación con las instituciones del estado y contribuir con conocimiento nuevo y bienestar a la sociedad.
4. A la facultad de Ingeniería de Sistemas e Informativa enseñe más a detalle el lenguaje de programación Python por su gran facilidad para realizar procesos que requieren un buen control de la memoria del computador y sobre todo la velocidad al procesar los datos.

Referencias bibliográficas

- Abdelmalik, M. I., & Larrañaga, P. (2008). *Algoritmos Genéticos*.
- Albarrán Ulsen, M., Banda Cheuquepán, F., Colla, E., Concha Aspe, H., de Fátima Ferreira, M., Figueroa Garay, A., & Orellana Iturriaga, J. L. (1997). *REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS*.
- Apaza, V. M. (2013). *Modelo de un Algoritmo Genético con Selección Discriminatoria de Individuos bajo un Esquema de Ponderación de Probabilidades de Mutación*.
- Arranz P., J. y. (2009). *Algoritmos Genéticos*.
- Barrios, M. P. (1997). *Optimización de redes de distribución de agua utilizando un algoritmo genético*.
- Beasley, D., Bull, D. R., & Martin, R. R. (1993). *An Overview of Genetic Algorithms: Part 1, fundamentals*.
- Carrasco, M. d. (2008). *Sistema de Información*.
- Chacón, J. F. (2004). *Sistemas Informáticos*.
- Civil, T. a.-I. (s.f.). *Red de Distribución de Agua Potable: ¿Abierta o Cerrada?* Obtenido de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>
- Estrada, G. G. (2007). *Laboratorio de Hidráulica de Canales*.
- Fabela, M. A. (1999). *Algoritmos Geneticos con Edades para Resolver el Problema del Agente Viajero*.
- Gesta, M. (2013). *Introducción a los algoritmos geneticos*.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization y Machine Learning*.
- HIDRÁULICA. (2019). *RUGOSIDAD HIDRÁULICA*. Obtenido de <http://hicdpr.blogspot.com/2009/02/rugosidad-hidraulica.html>
- iagua. (2016). *¿Qué son el diámetro y el radio hidráulicos?* Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/espana/tecnocverting/16/08/25/que-son-diametro-y-radio-hidraulicos>
- Jaramillo, O. (2007). *El concepto de Sistema*.

- Jong-wook, L. (2004). *Agua, saneamiento y salud*.
- Laudon, K. C. (2012). *Sistemas de Información Gerencial*.
- Molía, R. (1987). *Redes de distribución*.
- Octavio, P. L. (2009). *DISEÑO ECONÓMICO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A PRESIÓN POR EL MÉTODO DEL ALGORITMO GENÉTICO*.
- Pereyra, G. P. (2016). *Diseño y optimización de redes de distribución de agua utilizando algoritmos genéticos*.
- Pino V. Edwin, V. C. (2017). *Diseño Óptimo de Redes de Distribución de Agua Usando Un Software Basado En Microalgoritmos Genéticos Multiobjetivos*.
- Porras, Q. V. (2017). *Aplicación del Algoritmo Genético Multiobjetivo Strength Pareto Evolutionary Algorithm y su Efectividad en el Diseño de Redes de Agua Potable. Caso: Sector Viñani-Tacna*.
- Saldarriaga, J. (1998). *Hidráulica de Tuberías*. Colombia.
- Sanchez, C. J. (2007). *UN MÉTODO PARA REHABILITAR REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE BASADO EN UN ALGORITMO GENÉTICO*.
- Sánchez, J. M. (2000). *MODELOS Y ALGORITMOS PARA LA EXPLOTACIÓN ÓPTIMA DE LA GENERACIÓN EN SISTEMAS ELÉCTRICOS CENTRALIZADOS Y COMPETITIVOS MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS Y PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA-MIXTA*.
- SENCICO. (2018). *OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO*.
- Suárez, O. E. (2017). *PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLOROBENCENO*.

Anexos

Anexo 1: Entrevista para recolección de información.

FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

ENTREVISTADO:

FECHA:

HORA:

1. ¿Qué es una red de distribución de agua potable?
2. ¿Qué problemas presentan las redes de distribución de agua?
3. ¿Qué tanto influye los diámetros de las tuberías en una red de distribución de agua?
4. ¿Cómo se identifica si el diámetro de la tubería es el idóneo para cada tramo de una red de distribución de agua?
5. ¿Alguna vez ha utilizado algún sistema para el análisis hidráulico de una red de distribución de agua potable?, ¿le presento alguna limitación el programa que utilizo? Si le presento, ¿Puede explicar cuáles eran esas limitantes?

Anexo 2: Solicitud de información dirigida al área de distribución de EMAPA SAN MARTIN para la recolección de información sobre los problemas de la red de distribución de agua.

Tarapoto, 16 de agosto del 2017

SOLICITA INFORMACIÓN
ING. MARIA ISABEL GARCÍA HIDALGO
ENCARGADA DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN – EMAPA SAN MARTIN
Presente.



De mi especial consideración.

Por medio de la presente, yo **ISRAEL ALEJANDRO FLORES GARCÍA**, de nacionalidad peruana, identificado con DNI N° 73473897, domiciliado en el Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 648, Bachiller de la facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, solicito a usted información descriptiva y estadística acerca de los problemas que hay en la red de distribución de agua potable en el distrito de Tarapoto de los últimos 5 años, ya que en actualmente necesito dicha información para dar mayor sustento al proyecto de tesis que estoy realizando. Adjunto carta de presentación de proyecto de tesis.

Esperando que mi solicitud tenga la aceptación del caso por ser de justicia, me despido de usted.

Atentamente,


Israel Alejandro Flores García
DNI: 73473897

Tarapoto, 31 de Enero de 2017.

CARTA N° 001-2017-FISI/UNSM-T/IAFG

Lic. M.Sc. Marco Armando Gálvez Díaz,
Decano de la FISI.

Ciudad:-

ASUNTO: PRESENTACIÓN DE PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS.

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y al mismo tiempo hacerle llegar adjunto a la presente, los ejemplares de mi Proyecto de Tesis, titulado: APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA EL CÁLCULO OPTIMIZADO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍAS EN UNA RED CERRADA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE TARAPOTO; para optar el título de Ingeniero de Sistemas y se me asigne el jurado correspondiente.

Sin otro particular me despido de usted, reiterándole mi muestra de consideración y estima.

Atte,


Bach. Israel Alejandro Flores García
DNI: 73473897
Tesisista


Ing. M.Sc. Pedro Antonio Gonzales Sánchez
Asesor

Anexo 3: Documentos en respuesta a la solicitud de información dirigida a EMAPA SAN MARTIN



Tarapoto, 09 de octubre de 2017

CARTA N° 1166-2017-EMAPA-SM-SA-GG.

Señor:
ISRAEL ALEJANDRO FLORES GARCÍA
Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 648
Ciudad.-

Asunto : REMITO RESPUESTA A SOLICITUD.

Referencia : CARTA S/N de fecha 16 de agosto de 2017.

Es grato dirigirme a usted para saludarle cordialmente y al mismo tiempo remitirle el **INFORME N° 415-2017-EMAPA-SM-SA-GG-GO**, de fecha 27 de setiembre de 2017, presentado por la Gerencia de Operaciones de mi representada, mediante el cual remite la Información descriptiva y estadística acerca de los problemas que existen en la red de distribución de agua potable, solicitado según documento de la referencia. Para mayor detalle se anexa la descripción de las causas.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



M. García
ING. MARÍA ISABEL GARCÍA HIDALGO
Gerente General

C.c.: Archivo.
MIG/Hat.

Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Perú
Central Telf.: (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmarin.com



INFORME N° 415-2017-EMAPA-SM-SA-GG-GO

A : ING. MARIA ISABEL GARCIA HIDALGO
Gerente General EMAPA SAN MARTIN S.A.

Asunto : RESPUESTA A SOLICITUD DE INFORMACION

Referencia : 1.- INFORME N° 338-2017-EMAPA-SM-SA-GG-GO-ADMR
2.- DOCUMENTO S/N, de fecha 16.08.17

Fecha : Tarapoto, 27 de setiembre de 2017

Mediante el presente, me dirijo a usted, para remitirle el **INFORME N° 338-2017-EMAPA-SM-SA-GG-GO-ADMR**, presentado por el responsable del Área de Distribución Mantenimiento y Recolección, donde hace llegar la información solicitada por el **SR. ISRAEL ALEJANDRO FLORES GARCIA**, las descripciones de las causas de los problemas presentados en la red de distribución.

Nota: se anexa la descripción de las causas.

Es todo cuanto informo a usted, para su conocimiento y demás fines.

Atentamente,




Ing. ANALYN GARCIA TORRES
GERENTE DE OPERACIONES (G)
Emapa San Martin S.A.

Se C.G.
Pase a :
Asunto: *documentos a solucionar*
Fecha: *03/10/17* *AGM*
Gerente General

INFORME N° 338-EMAPA-SM-SA-GG-GO-ADMR

A : ING. ANALYN GARCIA TORRES
Gerente de Operaciones (e)

ASUNTO : SOBRE SOLICITUD DE INFORMACIÓN.

REFERENCIA : SOLICITA INFORMACION – SR. ISRAEL A.FLORES GARCIA

FECHA : Tarapoto, 25 de setiembre de 2017.



Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarla cordialmente y a la vez, hacer de su conocimiento sobre la información solicitada con el documento de la referencia, remitido por el Sr. **ISRAEL ALEJANDRO FLORES GARCIA**, solicitando información descriptiva y estadística acerca de los problemas que existen en la de red de distribución de agua potable.

En este contexto, el Área de Distribución, Mantenimiento y Recolección; preparó la información que se detalla en el Anexo 01.



ANEXO 01:
Descripción de las Causas de los Problemas Presentados en la Red de Distribución

CAUSAS		
FUGAS EN CAJA DE REGISTRO	FUGAS EN CONEXIÓN DOMIC. (ABRAZADERA)	OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS (OBSTRUCCIONES)
<ul style="list-style-type: none"> - Manipuleo de parte de los usuarios que hacen que la llave deje de controlar y posterior a ello presente fuga; siendo necesario el cambio de las válvulas de paso con su racor y adaptadores. - Desgaste de las empaquetaduras, éstas por la antigüedad de las mismas. - Por problemas comerciales: ya sean por corte de servicio o por mala reapertura. - Por el robo de la tapa que permite que agentes externos provoquen la fuga. 	<ul style="list-style-type: none"> - La causa mas común es por la rotura o desgaste de los anillos de jebe que al contacto con el agua y el cloro, éstas se van adelgazando con el paso del tiempo hasta llegar a deteriorarse. -Desgaste de la abrazadera ya que al ser de material fierro fundido, ésta se corroe y se rompen los brazos, esto debido a la antigüedad de las mismas. - Por la adquisición de anillos de mala calidad, que al ser instaladas no cumplen con los estándares en el tiempo de uso. 	<ul style="list-style-type: none"> -La rotura en las redes de distribución ocasionan el ingreso de partículas extrañas a la red de distribución (arena, piedra, bolsas, otros), que obstruyen las tuberías en las reducciones, válvulas, corporation y otros accesorios; provocando desabastecimiento en las viviendas.

Fuente: Elaboración propia.



nto informo a usted, para su conocimiento y demás fines.

e,



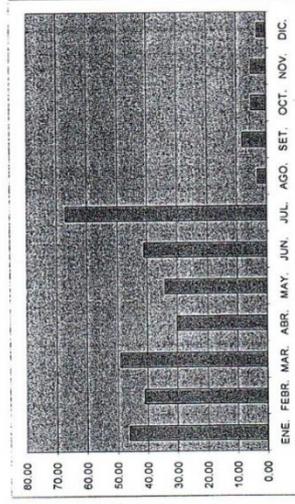
Rosendo
Ing. Rosendo Arévalo, Ramírez
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN
MANTENIMIENTO Y RECOLECCIÓN

kjch, jpm
archivo

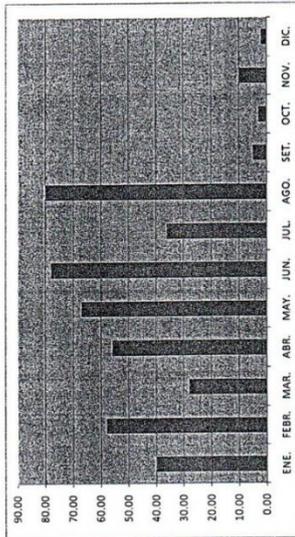
VARIABLES DE GESTIÓN OPERACIONAL (ENERO A DICIEMBRE) 2012

N°	DESCRIPCIÓN	BALANCE AGUA POTABLE											
		ENE.	FEBR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1.	FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE	48.00	41.00	49.00	30.00	34.00	41.00	67.00	3.00	8.00	6.00	8.00	3.00
2.	FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (ABRAZADERA)	40.00	58.00	28.00	29.00	67.00	78.00	39.00	80.00	15.00	3.00	10.00	2.00
3.	OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS (POR OBSTRUCCIONES)	28.00	24.00	33.00	21.00	23.00	32.00	18.00	42.00	8.00	7.00	7.00	1.00

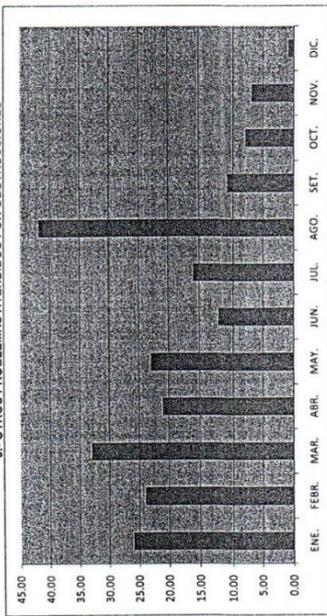
1.- FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE



2.- FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (ABRAZADERA)



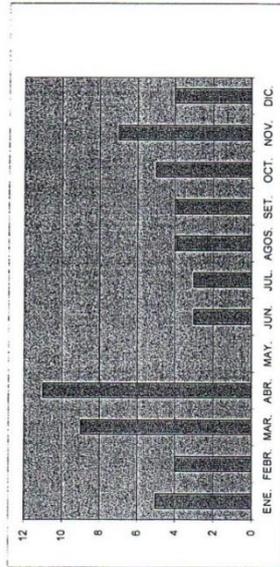
3.- OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES



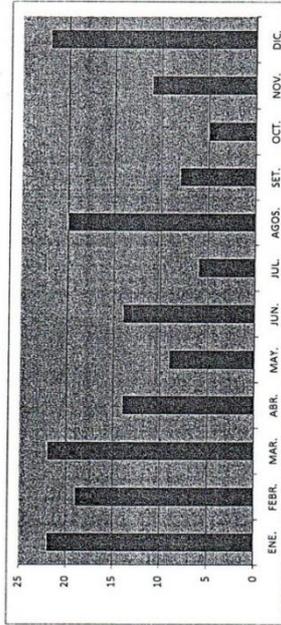
VARIABLES DE GESTIÓN OPERACIONAL (ENERO A DICIEMBRE) - 2013

N°	DESCRIPCIÓN	BALANCE AGUAPOTABLE											
		ENE.	FEBR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE	5,000	4,000	5,000	11,000	0,000	3,000	3,000	4,000	4,000	5,000	7,000	4,000
2	FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (ABR. A DICIEMBRE)	72,000	9,000	21,000	7,000	9,000	14,000	8,000	20,000	9,000	9,000	11,000	22,000
3	OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES	5,000	2,000	4,000	7,000	4,000	4,000	1,000	3,000	3,000	1,000	3,000	1,000

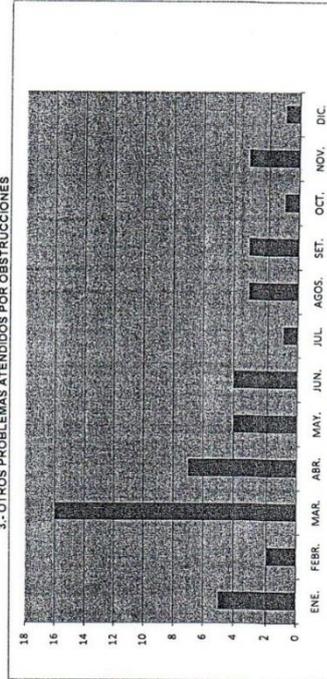
1.- NUMERO DE FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE



2.- NUMERO DE FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA



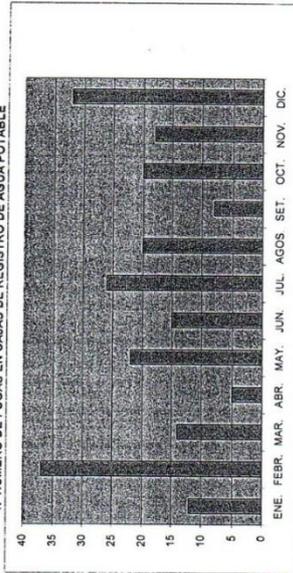
3.- OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES



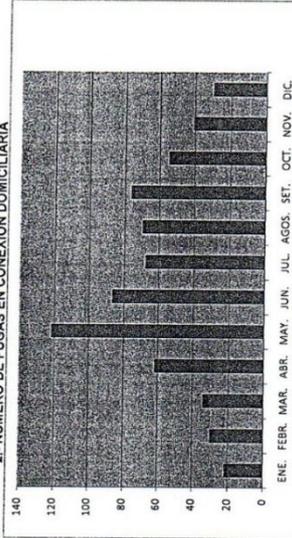
VARIABLES DE GESTIÓN OPERACIONAL (ENERO-DICIEMBRE) 2014

N°	DESCRIPCIÓN	BALANCE AGUA POTABLE											
		ENE.	FEBR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE	12.000	17.000	14.000	15.000	22.000	16.000	26.000	20.000	9.000	28.000	19.000	32.000
2	FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (ABRAZADERA)	22.000	30.000	34.000	62.000	122.000	87.000	68.000	70.000	77.000	86.000	41.000	30.000
3	OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES	12.000	9.000	9.000	4.000	3.000	8.000	8.000	7.000	6.000	9.000	6.000	6.000

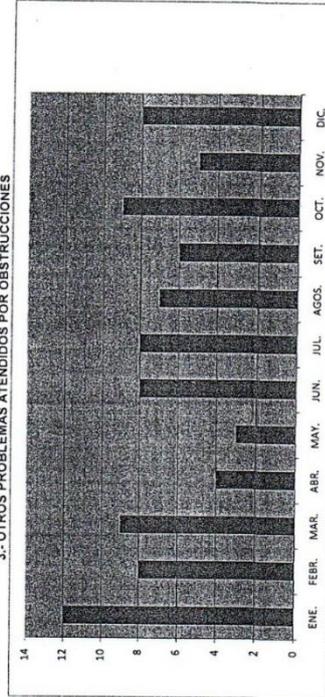
1.- NUMERO DE FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE



2.- NUMERO DE FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA



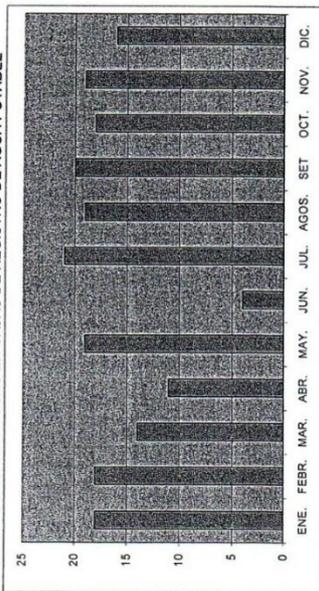
3.- OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES



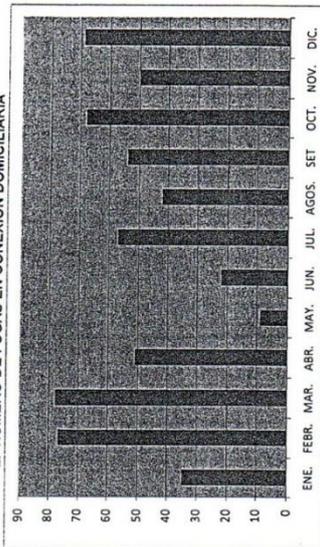
VARIABLES DE GESTIÓN OPERACIONAL (ENERO A DICIEMBRE) - 2015

Nº	DESCRIPCIÓN	BALANCE AGUA POTABLE											
		ENE.	FEBR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE	18,00	18,00	14,00	11,00	19,00	4,00	21,00	15,00	20,00	18,00	19,00	16,00
2	FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (CAZADERA)	35,00	77,00	68,00	51,00	91,00	22,00	57,00	42,00	54,00	68,00	50,00	69,00
3	OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS (POR OBSTRUCCIONES)	1,00	8,00	36,00	14,00	4,00	9,00	66,00	95,00	93,00	86,00	54,00	23,00

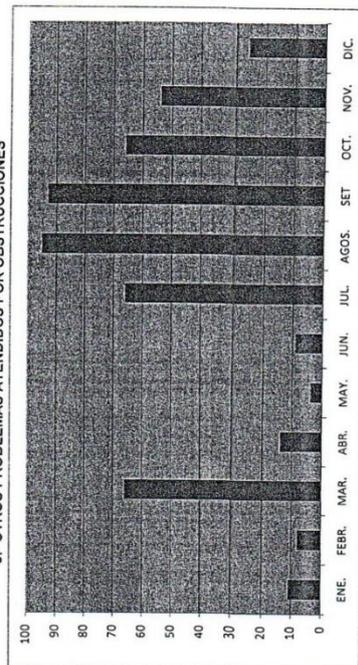
1.- NUMERO DE FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE



2.- NUMERO DE FUGAS EN CONEXION DOMICILIARIA



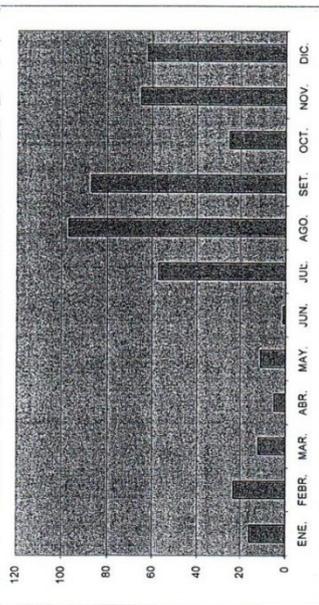
3.- OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES



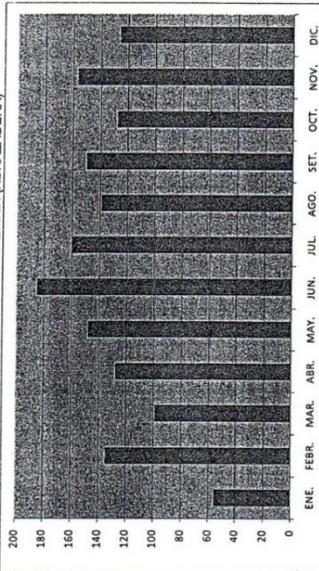
VARIABLES DE GESTIÓN OPERACIONAL ENERGÍA (ENERO - DICIEMBRE) - 2016

Nº	DESCRIPCIÓN	BALANCE AGUA POTABLE											
		ENE.	FEBR.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE	18,000	23,000	12,000	5,000	11,000	1,000	67,000	97,000	87,400	25,000	85,000	62,000
2	FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (ABRAZADERA)	55,000	78,000	95,000	728,000	148,000	185,000	180,000	139,000	150,000	128,000	197,000	126,000
3	OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES	49,000	16,000	24,000	11,000	65,000	89,000	197,000	117,000	89,000	122,000	166,000	46,000

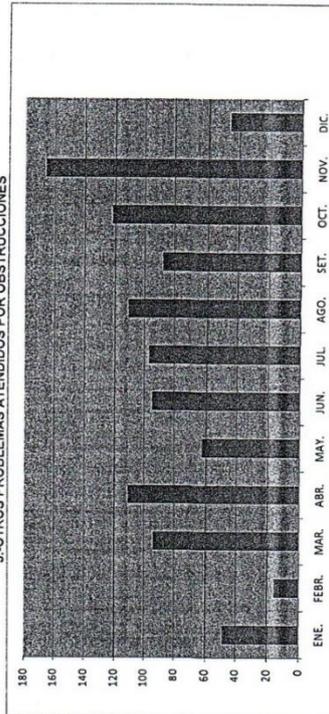
1.- NUMERO DE FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO DE AGUA POTABLE



2.- FUGAS EN CONEXIÓN DOMICILIARIA (ABRAZADERA)



3.- OTROS PROBLEMAS ATENDIDOS POR OBSTRUCCIONES



Anexo 4: Metodología RUP para el desarrollo del sistema de información basado en el modelo del algoritmo genético.

Proceso Unificado de Desarrollo de Software

1. FASE INICIAL

1.1. Modelado del negocio

1.1.1. Reglas del negocio

NOMBRE DE LA REGLA: *Controlar Proyectos*

SUBREGLAS:

1. Registrar Proyectos:

El usuario con perfil administrador u operador podrá ingresar al sistema para realizar el registro de un nuevo proyecto para poder hacer una evaluación de la red de distribución de agua.

2. Registrar Reservorio:

Se registran los reservorios de agua y el coeficiente de elevación para poder restringir y mantener las presiones de servicios de la red de distribución de agua.

3. Registrar Nodos:

Se registran las cuotas topográficas y la demanda de cada nodo de la red de distribución de agua.

4. Registrar Tuberías:

Se registran los datos generales de las tuberías o tubos de los tramos que conforman la red de distribución de agua.

5. Realizar Proceso Hidráulico:

El usuario con perfil administrador u operador podrá ingresar a esta opción y registrar las pruebas o procesos hidráulicos y obtener resultados parciales y así poder visualizar los reportes de iteraciones y de las matrices generadas al calcular la gradiente.

6. Realizar Proceso Optimizado:

El usuario con perfil administrador u operador podrá ingresar a esta opción y registrar las pruebas o procesos optimizados, para lo cual deberá primero registrar los diámetros comerciales y el costo de cada uno de ellos. También podrá registrar los parámetros necesarios para dar funcionalidad al algoritmo genético. Mediante esta opción también se visualizarán el reporte de la solución más óptima y el reporte gráfico de la función objetivo.

NOMBRE DE LA REGLA: *Controlar Mantenimientos*

SUBREGLAS:**1. Registrar Fluidos:**

Se registran los datos generales de los fluidos.

2. Registrar Materiales:

Se registrarán los datos generales de los materiales con los cuales están compuestas las tuberías.

NOMBRE DE LA REGLA: *Controlar Seguridad*

SUBREGLAS:**1. Registrar Perfil y Módulos:**

El administrador del sistema será el único encargado de registrar los perfiles y módulos con los que contará el sistema y sólo él será el encargado de administrar estas opciones.

2. Registrar Usuarios:

Se registrará a los usuarios (administrador, supervisor y operadores), ingresando sus respectivos datos y un determinado usuario y contraseña. Es necesario asignarle a cada usuario un perfil de acceso al sistema.

3. Asignar Permisos o Accesos al Sistema:

Estará a cargo del Administrador del sistema. Aquí podrán asignar los respectivos permisos de acceso a cada perfil creado. Para esto deberán estar registrados en el sistema los módulos y perfiles respectivos.

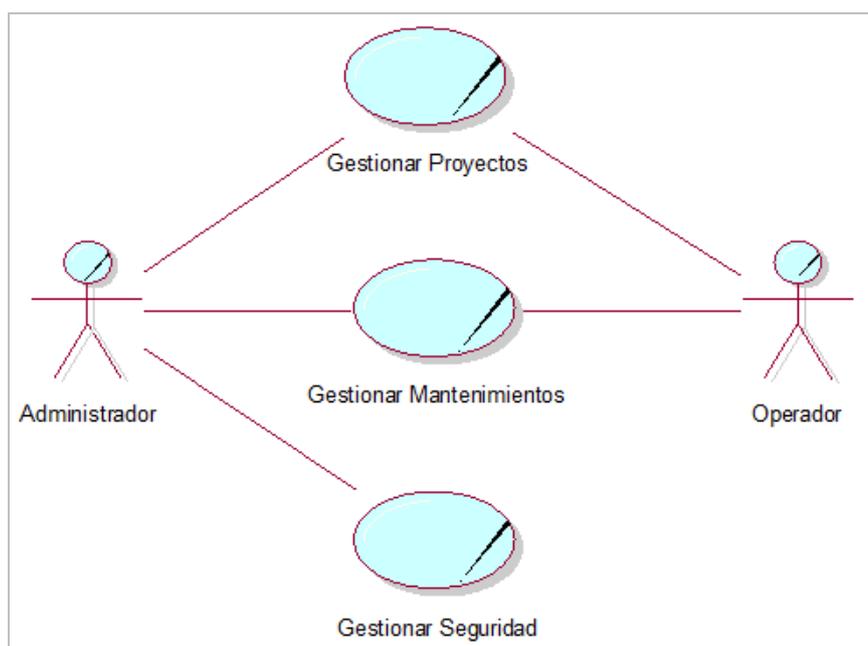
1.1.2. Modelo del negocio**1.1.2.1. Diagrama de casos de uso del negocio**

Figura 21: Diagrama de casos de uso del negocio. (Fuente: Elaboración propia)

1.1.2.2. Especificaciones de caso de uso del negocio

A) CASO DE USO: GESTIONAR PROYECTOS

DESCRIPCIÓN:

En este módulo se podrá registrar lo siguiente:

Proyectos. *Cada usuario podrá registrar los proyectos propios para poder evaluarlos, para ello tendrá que registrar el nombre del proyecto, seleccionar el fluido, y el material.*

Reservorio. *Se registra la elevación del reservorio (Z), coeficiente importante para la restricción para mantener las presiones de servicios de la red y compensar las variaciones de consumo.*

Nodos. *Se registra la cuota topográfica y la demanda que habrá en cada nodo de la red de distribución.*

Tuberías. *Se registra la longitud, diámetro (no requerido); punto inicial y punto final que son los puntos de intersección o enlace de cada tramo.*

Proceso hidráulico. *En este proceso el usuario puede hacer pruebas para ver y hacer un seguimiento si el proceso hidráulico está correcto, así también ver las matrices que se generan para realizar el cálculo de la gradiente. Mediante este proceso se guardará automáticamente las iteraciones y se podrá visualizar el reporte de iteraciones y de matrices generadas.*

Proceso optimizado. *En el proceso optimizado lo primero que se tiene que hacer es registrar los diámetros comerciales que se usaran para hacer el conjunto de soluciones de la red de distribución, lo cual se registra el diámetro y el costo de la misma. Luego se configuran los parámetros para el proceso del algoritmo genético el cual es cantidad de poblaciones, número de individuos por población, porcentaje de replicación, porcentaje de mutación y porcentaje de cruzamiento. Mediante este proceso se guardará automáticamente las poblaciones y se podrá visualizar el reporte de la solución más óptima y el reporte gráfico de la función objetivo.*

OBJETIVOS:

Registrar los proyectos y todos los parámetros con los que el sistema trabajará para dar funcionalidad al algoritmo genético y poder calcular los diámetros de las tuberías de la red de distribución de agua.

RESPONSABLES: *Administrador y Operador*

B) CASO DE USO: GESTIONAR MANTENIMIENTOS**DESCRIPCIÓN:**

Se registran los siguientes datos:

Fluidos. *Se registra la descripción del fluido, viscosidad cinemática, y el valor de la viscosidad.*

Materiales. *Se registra el material con el cual está hecho las tuberías que se usaran en la red de distribución. Los campos a registrar son descripción y coeficiente de fricción(KS).*

OBJETIVOS:

Registrar los datos generales de los fluidos y materiales que se seleccionaran en cada registro de un determinado proyecto.

RESPONSABLES: *Administrador y Operador*

C) CASO DE USO: GESTIONAR SEGURIDAD**DESCRIPCIÓN:**

Se registran los usuarios del sistema, los usuarios poseen perfiles que puede ser: Administrador, Operador. El administrador tiene acceso a todo el sistema, el operador tiene acceso a todo, menos a crear módulos, perfiles, accesos. Además, se registran los módulos del sistema y se registran los permisos por cada perfil. Como lo haría cualquier sistema informático que presenta la opción de ingresar con datos como usuario y contraseña.

OBJETIVOS:

Registrar a los usuarios del sistema y brindarles un usuario y contraseña.

Dar permisos de acceso a los usuarios registrados según el perfil que se les asigne en el sistema.

RESPONSABLES: *Administrador*

1.1.3. Modelo del dominio

1.1.3.1. Diagrama del dominio del problema

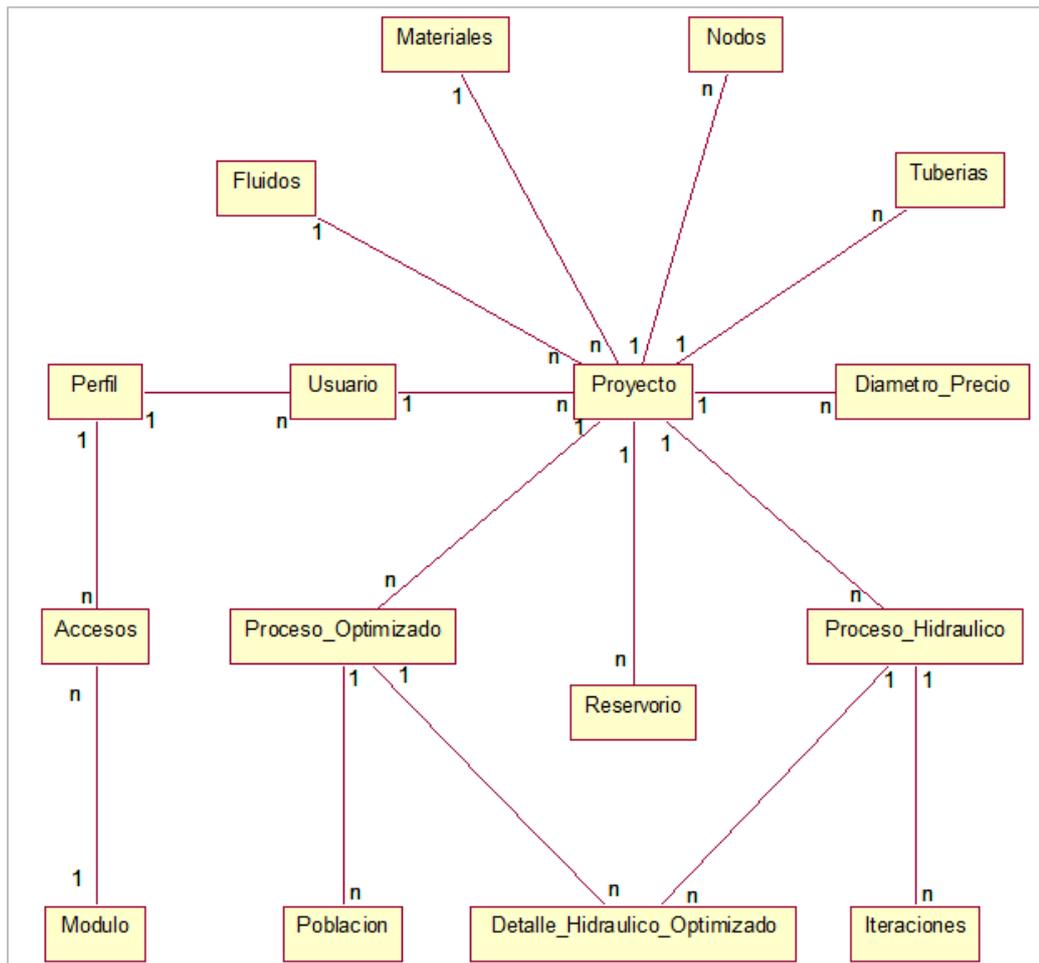


Figura 22: Diagrama del dominio. (Fuente: Elaboración propia)

1.2. Requerimientos

1.2.1. Modelo de requerimientos

1.2.1.1. Diagramas de caso de uso

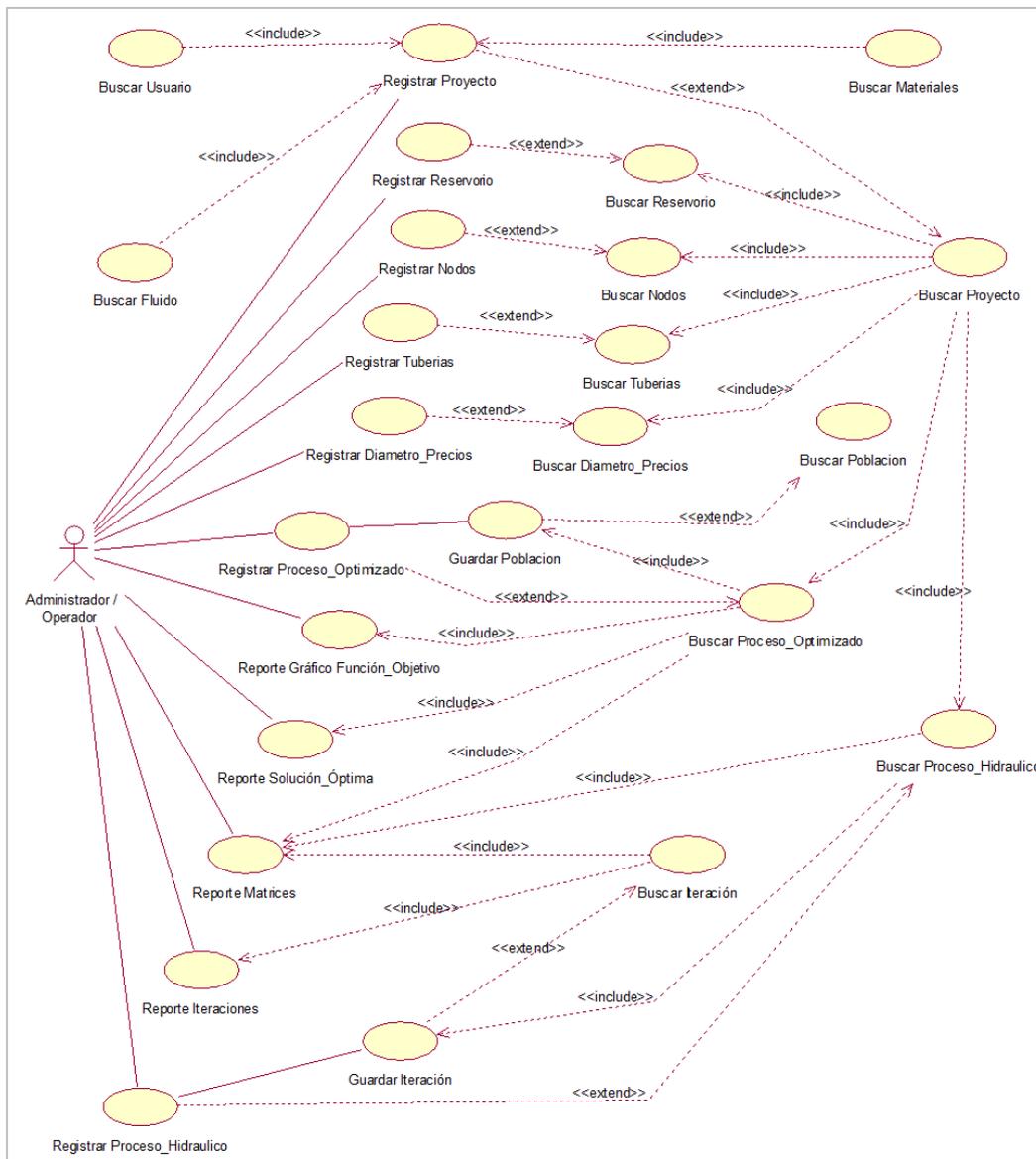


Figura 23: Diagrama de caso de uso gestionar proyectos. (Fuente: Elaboración propia)

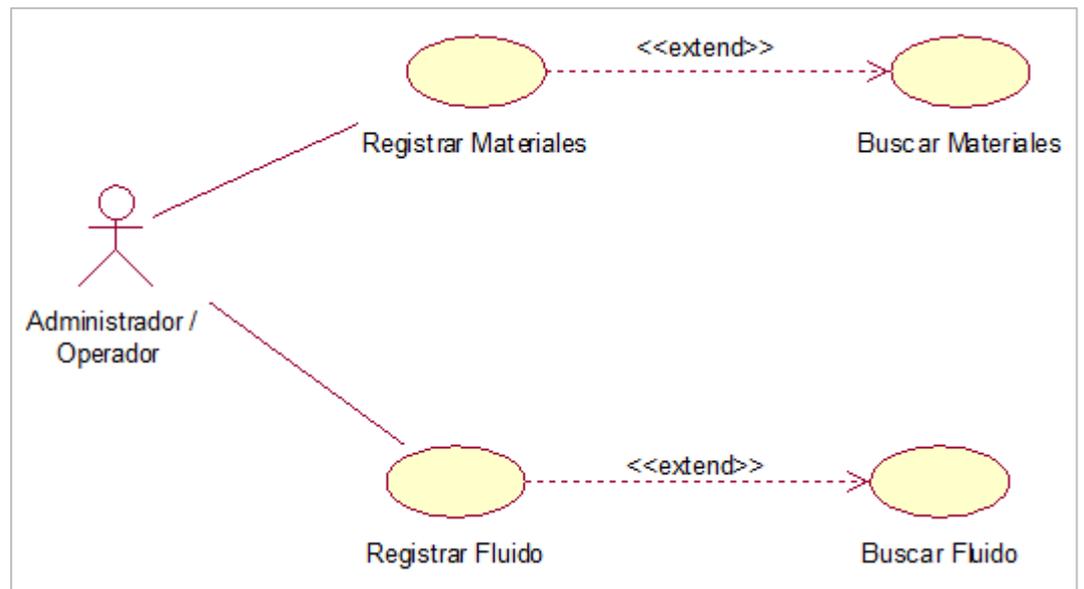


Figura 24: Diagrama de caso de uso gestionar mantenimientos. (Fuente: Elaboración propia)

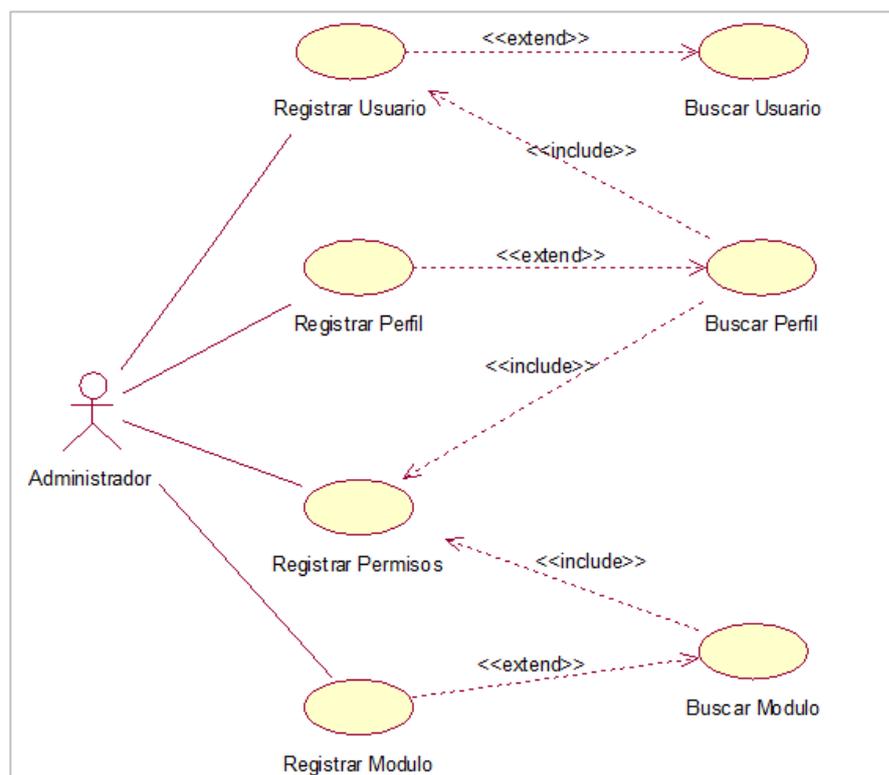


Figura 25: Diagrama de caso de uso gestionar seguridad. (Fuente: Elaboración propia)

1.2.1.2. Especificaciones de los casos de uso de requerimiento

Tabla 20*Especificación de caso de uso registrar proyecto*

Caso de Uso	Registrar Proyecto	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Registrar los proyectos en el sistema para poder realizar el cálculo de los diámetros de las tuberías de la red de distribución de agua aplicando el algoritmo genético.	
Resumen	Permite realizar el registro de proyectos en el sistema.	
Precondición	Materiales, fluidos y usuarios registrados.	
Flujo Básico	1. Nuevo Proyecto. 2. Modificar Proyecto. 3. Eliminar Proyecto.	Seleccionar Usuario(A1) Seleccionar Material (A2) Seleccionar Fluido (A3)
INCLUSIÓN		
Flujo Alternativo	<p>A1: Seleccionar Usuario. El sistema debe asociar automáticamente al proyecto, el usuario que ha iniciado sesión en el sistema y que esté realizando el respectivo registro.</p> <p>A2: Seleccionar Material. Se debe seleccionar el respectivo material con el que está compuesto las tuberías que se utilizaran en la red de distribución de agua del proyecto en registro.</p> <p>A3: Seleccionar Fluido. Se debe seleccionar un determinado fluido, que deberá ser aquel que caracteriza a la red de distribución de agua del proyecto en registro.</p>	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21*Especificación de caso de uso registrar reservorio*

Caso de Uso	Registrar Reservorio	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Registrar los datos generales de los reservorios de agua en el sistema.	
Resumen	Permite registrar los reservorios en el sistema.	
Precondición	Proyectos registrados.	
Flujo Básico	1. Nuevo Reservorio. 2. Modificar Reservorio. 3. Eliminar Reservorio.	Seleccionar Proyecto(A1)
INCLUSIÓN		
Flujo Alternativo	A1: Seleccionar Proyecto. Se debe seleccionar el determinado proyecto al cual el respectivo reservorio en registro pertenece.	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22*Especificación de caso de uso registrar nodos*

Caso de Uso	Registrar Nodos
Actores	Administrador / Operador

Propósito	Registrar los datos generales de los nodos que componen la red de distribución de agua en el sistema.	
Resumen	Permite registrar los nodos en el sistema.	
Precondición	Proyectos registrados.	
Flujo Básico	1. Nuevo Nodo. 2. Modificar Nodo. 3. Eliminar Nodo.	Seleccionar Proyecto.....(A1)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Seleccionar Proyecto. Se debe seleccionar el determinado proyecto al cual el respectivo nodo en registro pertenece.	
Excepción	Paso	Acción
Fuente: Elaboración propia		

Tabla 23

Especificación de caso de uso registrar tuberías

Caso de Uso	Registrar Tuberías	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Registrar los datos generales de las tuberías que componen cada tramo de la red de distribución de agua en el sistema.	
Resumen	Permite registrar las tuberías en el sistema.	
Precondición	Proyectos registrados.	
Flujo Básico	1. Nueva Tubería. 2. Modificar Tubería. 3. Eliminar Tubería.	Seleccionar Proyecto.....(A1)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Seleccionar Proyecto. Se debe seleccionar el determinado proyecto al cual la respectiva tubería en registro pertenece.	
Excepción	Paso	Acción
Fuente: Elaboración propia		

Tabla 24

Especificación de caso de uso registrar diámetros y precios

Caso de Uso	Registrar Diámetros y Precios	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Registrar los datos generales de los diámetros y de los precios de las tuberías en el sistema.	
Resumen	Permite registrar los diámetros y precios en el sistema.	
Precondición	Proyectos registrados.	
Flujo Básico	1. Nuevo Diámetro y Precio. 2. Modificar Diámetro y Precio. 3. Eliminar Diámetro y Precio.	Seleccionar Proyecto.....(A1)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN	

	A1: Seleccionar Proyecto. Se debe seleccionar el determinado proyecto al cual el respectivo diámetro y precio en registro pertenece.
--	---

Excepción	Paso	Acción
-----------	------	--------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Especificación de caso de uso registrar proceso hidráulico

Caso de Uso	Registrar Proceso Hidráulico	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Realizar y registrar las pruebas hidráulicas en el sistema y realizar el seguimiento de dicho proceso para ver si es el correcto, visualizando las iteraciones y las matrices generadas para el cálculo de la gradiente.	
Resumen	Permite realizar y registrar el proceso hidráulico en el sistema.	
Precondición	Proyectos registrados.	
Flujo Básico	<ol style="list-style-type: none"> Nuevo Proceso Hidráulico. Modificar Proceso Hidráulico. Eliminar Proceso Hidráulico. 	Seleccionar Proyecto.....(A1) Guardar Iteración (A2)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Seleccionar Proyecto. Se debe seleccionar el proyecto para el cual se realizará el proceso hidráulico. A2: Guardar Iteración. Luego de registrar el proceso hidráulico, automáticamente se guarda las iteraciones que permitirán visualizar los reportes de iteraciones y de matrices generadas.	

Excepción	Paso	Acción
-----------	------	--------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Especificación de caso de uso reporte de iteraciones

Caso de Uso	Reporte de Iteraciones	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Visualizar el reporte de iteraciones registradas a partir del registro de un determinado proceso hidráulico.	
Resumen	Visualizar el reporte de iteraciones.	
Precondición	Iteraciones registradas.	
Flujo Básico	<ol style="list-style-type: none"> Seleccionar en el sistema la opción del reporte y se visualiza el reporte de iteraciones. 	Buscar Iteraciones.....(A1)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Buscar Iteraciones. Al seleccionar la opción de reporte, el sistema busca automáticamente y selecciona todas las iteraciones requeridas y se visualiza en el reporte.	

Excepción	Paso	Acción
Fuente: Elaboración propia		

Tabla 27*Especificación de caso de uso registrar proceso optimizado*

Caso de Uso	Registrar Proceso Optimizado	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Permite realizar y registrar el proceso optimizado en el sistema. Se ingresan parámetros determinados que se usaran para generar soluciones parciales de la red de distribución, del cual se seleccionará la más óptima para visualizarlo en el reporte de la solución más óptima y el reporte grafico de la función objetivo.	
Resumen	Permite registrar el proceso optimizado.	
Precondición	Proyectos registrados.	
Flujo Básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nuevo Proceso Optimizado. 2. Modificar Proceso Optimizado. 3. Eliminar Proceso Optimizado. 	Seleccionar Proyecto.....(A1) Guardar Población.....(A2)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Seleccionar Proyecto. Se debe seleccionar el proyecto para el cual se realizará el proceso optimizado. A2: Guardar Población. Luego de registrar el proceso optimizado, automáticamente se guarda la población más óptima y beneficiada de acuerdo a las soluciones obtenidas mediante el proceso optimizado.	

Excepción	Paso	Acción
Fuente: Elaboración propia		

Tabla 28*Especificación de caso de uso reporte de matrices*

Caso de Uso	Reporte de Matrices	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Permite visualizar el reporte de matrices generadas a partir de los procesos hidráulicos y procesos optimizados registrados en el sistema.	
Resumen	Visualizar el reporte de matrices en el sistema.	
Precondición	Procesos hidráulicos, procesos optimizados e iteraciones registrados.	
Flujo Básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar en el sistema la opción del reporte y se visualiza el reporte de matrices. 	Buscar Proceso Hidráulico y Proceso Optimizado..... (A1) Buscar Iteraciones (A2)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Buscar Proceso Hidráulico y Proceso Optimizado. Al ingresar a la opción de este reporte, el sistema automáticamente selecciona los datos de los procesos hidráulicos y de los procesos optimizados guardados a partir del registro de los mismos. Estos	

datos se visualizan en una matriz de datos numéricos en el sistema para su consulta.

A2: Buscar Iteraciones. El sistema automáticamente selecciona los datos de las iteraciones pertenecientes al proceso hidráulico seleccionado y estos datos también se visualizan como datos numéricos en la matriz en el sistema para su consulta.

Excepción	Paso	Acción
-----------	------	--------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Especificación de caso de uso reporte de la solución más óptima

Caso de Uso	Reporte de la Solución más Óptima	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Permite visualizar el reporte de la solución más óptima generada luego de registrar un determinado proceso optimizado.	
Resumen	Visualizar el reporte de la solución más óptima en el sistema.	
Precondición	Procesos optimizados registrados.	
Flujo Básico	1. Seleccionar en el sistema la opción del reporte y se visualiza el reporte de la solución más óptima.	Buscar Proceso Optimizado ..(A1)
Flujo Alternativo	<p>INCLUSIÓN</p> <p>A1: Buscar Proceso Optimizado. Al ingresar a la opción de este reporte, el sistema automáticamente selecciona la solución más óptima generada en el proceso optimizado requerido y lo muestra en el reporte para su visualización y su consulta.</p>	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Especificación de caso de uso reporte gráfico de la función objetivo

Caso de Uso	Reporte Gráfico de la Función Objetivo	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Permite visualizar el reporte gráfico de la función objetivo de un determinado proceso optimizado.	
Resumen	Visualizar el reporte gráfico de la función objetivo.	
Precondición	Procesos optimizados registrados.	
Flujo Básico	1. Seleccionar en el sistema la opción del reporte y se visualiza el reporte gráfico de la función objetivo.	Buscar Proceso Optimizado ..(A1)
Flujo Alternativo	<p>INCLUSIÓN</p> <p>A1: Buscar Proceso Optimizado. Al ingresar a la opción de este reporte, el sistema automáticamente selecciona los datos de la función objetivo del proceso optimizado requerido y lo muestra gráficamente en el reporte para su visualización y su consulta.</p>	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31*Especificación de caso de uso registrar fluidos*

Caso de Uso	Registrar Fluidos	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Registrar los datos generales de los fluidos en del sistema.	
Resumen	Registrar los fluidos en el sistema.	
Precondición	Ninguno.	
Flujo Básico	1. Nuevo Fluido. 2. Modificar Fluido. 3. Eliminar Fluido.	Ninguno
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN Ninguno	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32*Especificación de Caso de Uso Registrar Materiales*

Caso de Uso	Registrar Materiales	
Actores	Administrador / Operador	
Propósito	Registrar los materiales con los que están fabricados las tuberías en el sistema.	
Resumen	Registrar los materiales de fabricación de las tuberías en el sistema.	
Precondición	Ninguno.	
Flujo Básico	1. Nuevo Material. 2. Modificar Material. 3. Eliminar Material.	Ninguno
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN Ninguno	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33*Especificación de caso de uso registrar usuario*

Caso de Uso	Registrar Usuario	
Actores	Administrador	
Propósito	Registrar a los usuarios del sistema.	
Resumen	Permite registrar a los usuarios del sistema.	
Precondición	Registrar Perfil.	
Flujo Básico	1. Nuevo Usuario. 2. Modificar Usuario. 3. Eliminar Usuario.	Buscar Perfil..... (A1)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Buscar Perfil. Se selecciona un determinado perfil para asignárselo al usuario en registro.	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34*Especificación de caso de uso registrar módulo*

Caso de Uso	Registrar Módulo	
Actores	Administrador	
Propósito	Registrar los módulos del sistema.	
Resumen	Permite al administrador registrar los módulos del sistema.	
Precondición	Ninguno.	
Flujo Básico	1. Nuevo Módulo. 2. Modificar Módulo. 3. Eliminar Módulo.	Ninguno
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN Ninguno	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35*Especificación de caso de uso registrar perfil*

Caso de Uso	Registrar Perfil	
Actores	Administrador	
Propósito	Registrar los perfiles de usuario de aplicativo móvil.	
Resumen	Permite al administrador registrar los perfiles de usuario del sistema.	
Precondición	Ninguno.	
Flujo Básico	1. Nuevo Perfil. 2. Modificar Perfil. 3. Eliminar Perfil.	Ninguno.
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN Ninguno.	
Excepción	Paso	Acción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36*Especificación de caso de uso registrar accesos*

Caso de Uso	Registrar Accesos	
Actores	Administrador	
Propósito	Asignar accesos a los usuarios del sistema.	
Resumen	Permite al administrador asignar permisos de acceso a los usuarios del sistema.	
Precondición	Perfiles registrados, Módulos registrados.	
Flujo Básico	1. Asignar permisos de acceso a un perfil de usuario seleccionado, dando check a los módulos que tendrá acceso y luego guardar. 2. Quitar permisos de acceso a un perfil de usuario seleccionado, dando check a los módulos que tendrá acceso y luego guardar.	Buscar Perfil..... (A1) Buscar Módulo..... (A2)
Flujo Alternativo	INCLUSIÓN A1: Buscar Perfil. Busca un perfil de usuario por su nombre.	

A2: Buscar Módulo. Va asignando dando check a los módulos a los que tiene permiso de acceso el perfil seleccionado.

Excepción	Paso	Acción
-----------	------	--------

Fuente: Elaboración propia

2. FASE DE ELABORACIÓN

2.1. Análisis y diseño

2.1.1. Modelo de análisis

2.1.1.1. Diagrama de colaboraciones

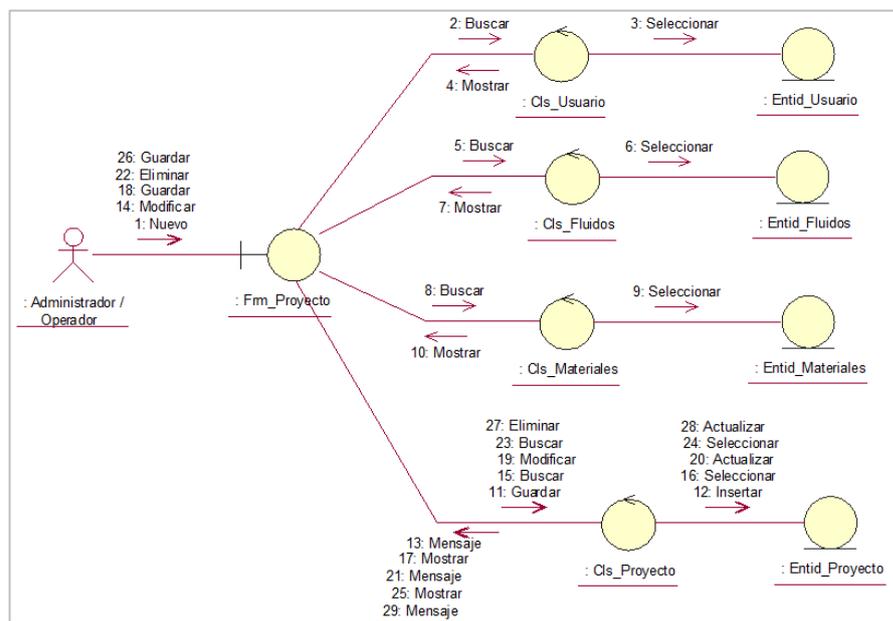


Figura 26: Diagrama de colaboración registrar proyecto. (Fuente: Elaboración propia)

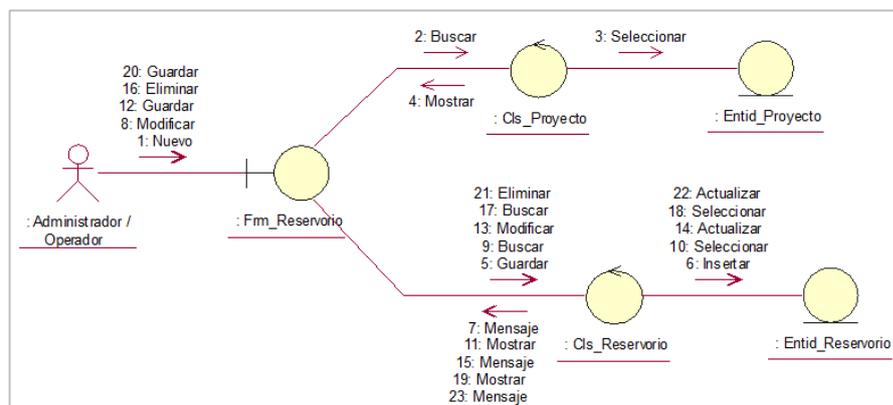


Figura 27: Diagrama de colaboración registrar reservorio. (Fuente: Elaboración propia)

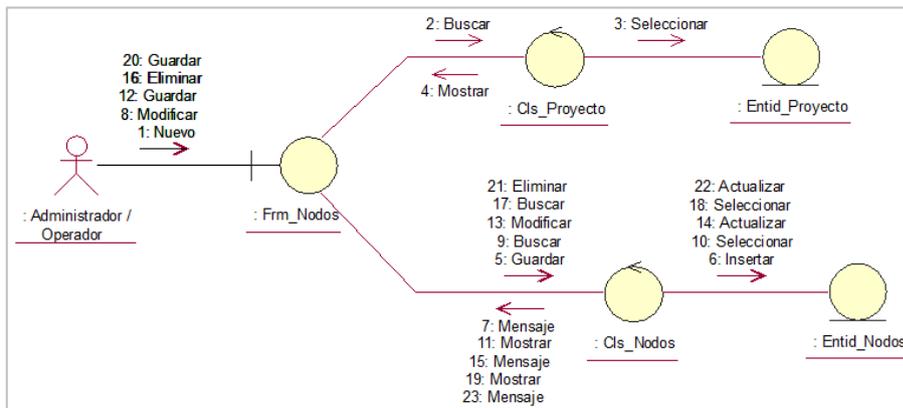


Figura 28: Diagrama de colaboración registrar nodos. (Fuente: Elaboración propia)

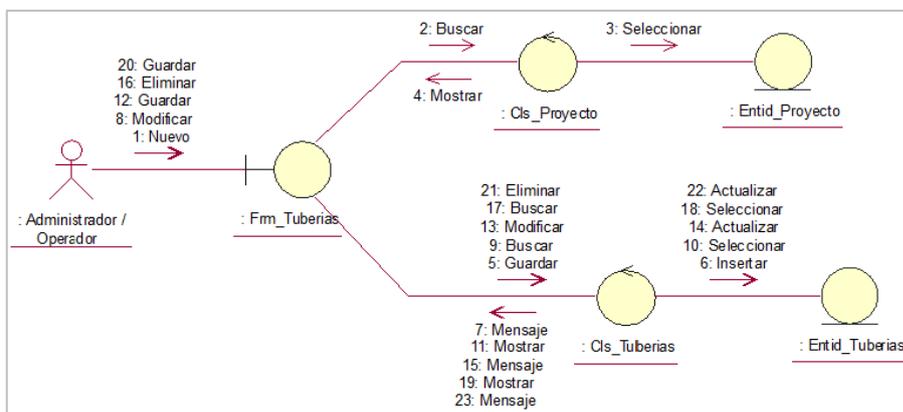


Figura 29: Diagrama de colaboración registrar tuberías. (Fuente: Elaboración propia)

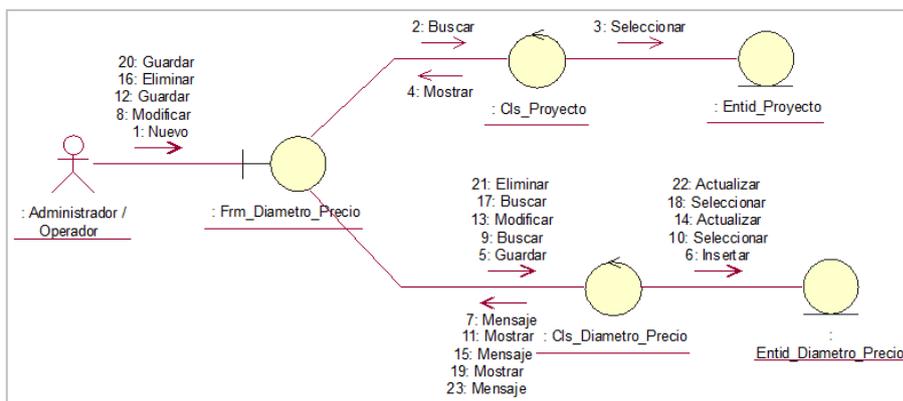


Figura 30: Diagrama de colaboración registrar diámetros y precios. (Fuente: Elaboración propia)

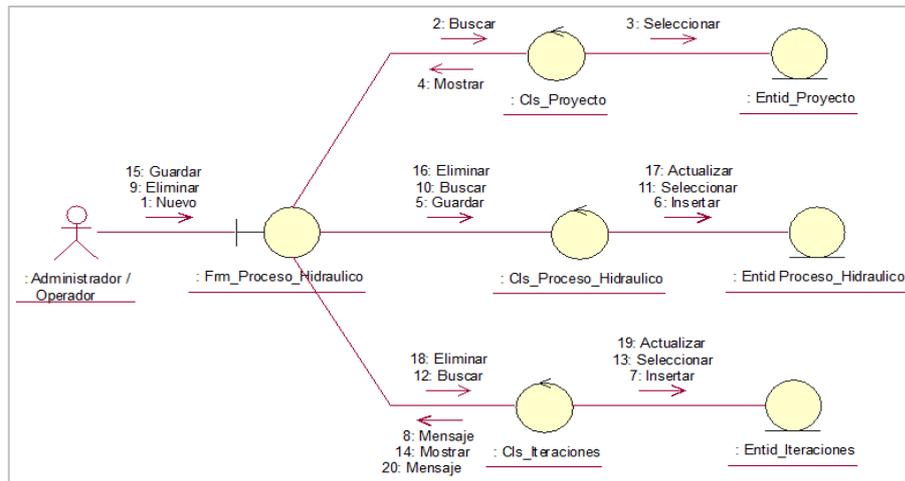


Figura 32: Diagrama de colaboración registrar proceso hidráulico. (Fuente: Elaboración propia)

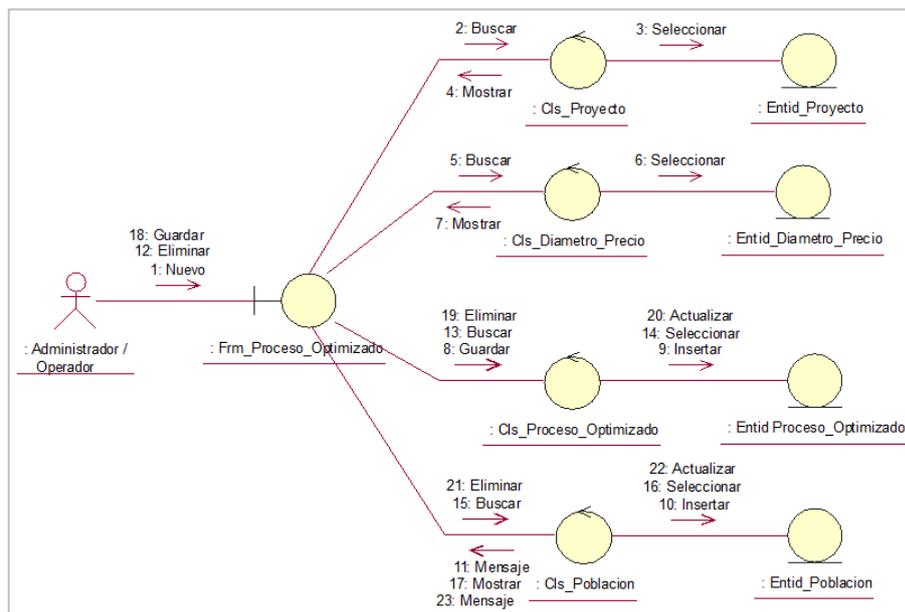


Figura 31: Diagrama de colaboración registrar proceso optimizado. (Fuente: Elaboración propia)

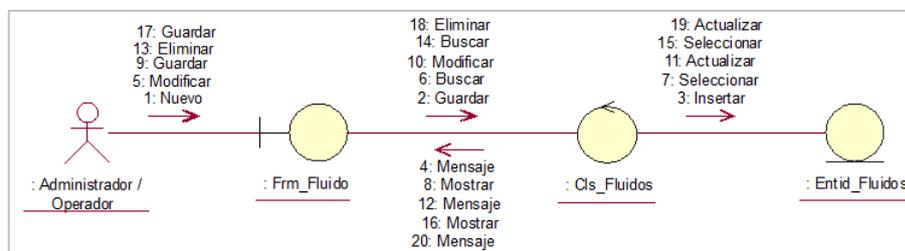


Figura 33: Diagrama de colaboración registrar fluidos. (Fuente: Elaboración propia)

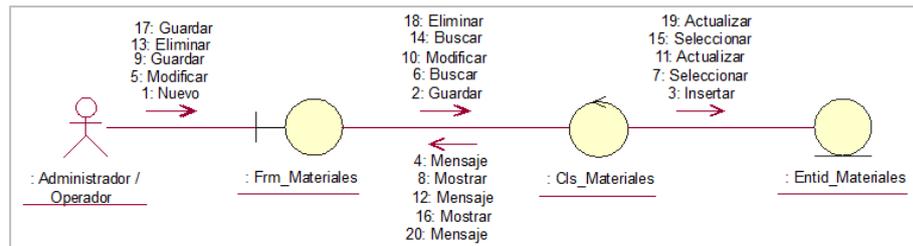


Figura 34: Diagrama de colaboración registrar materiales. (Fuente: Elaboración propia)

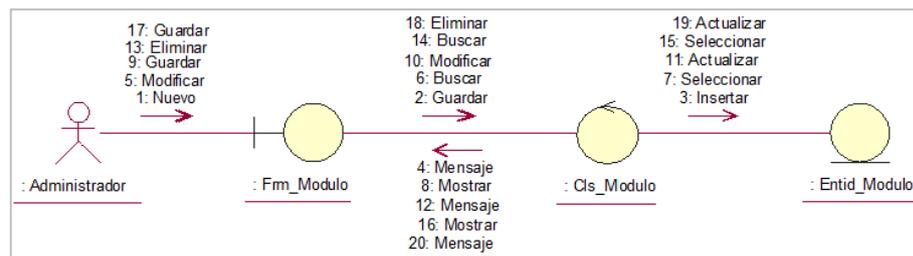


Figura 35: Diagrama de colaboración registrar módulo. (Fuente: Elaboración propia)

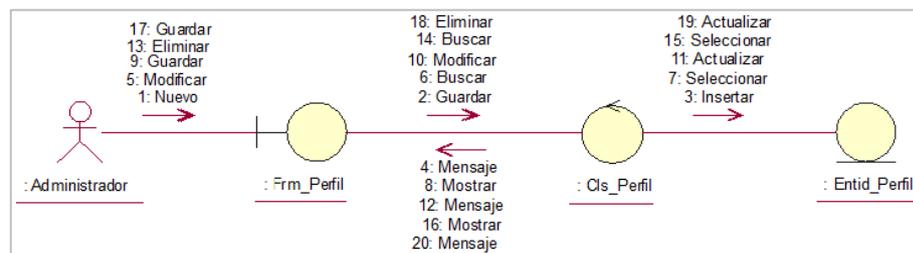


Figura 36: Diagrama de colaboración registrar perfil. (Fuente: Elaboración propia)

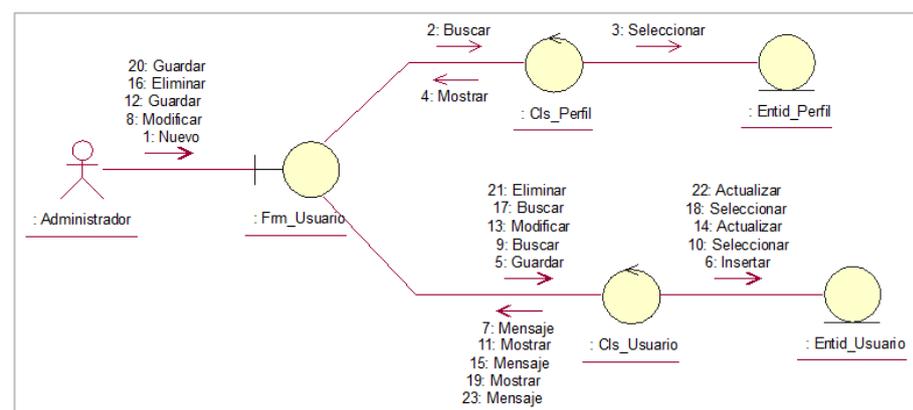


Figura 37: Diagrama de colaboración registrar usuario. (Fuente: Elaboración propia)

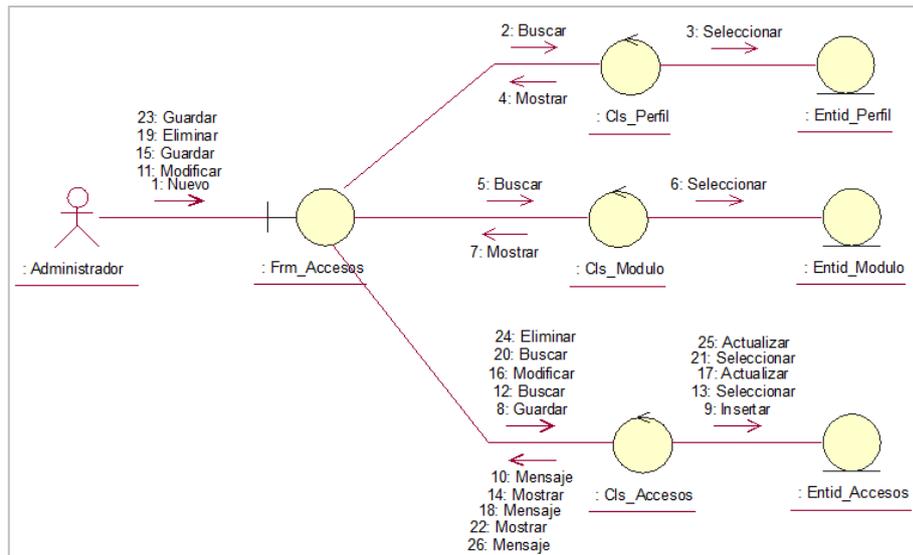


Figura 38: Diagrama de colaboración registrar accesos. (Fuente: Elaboración propia)

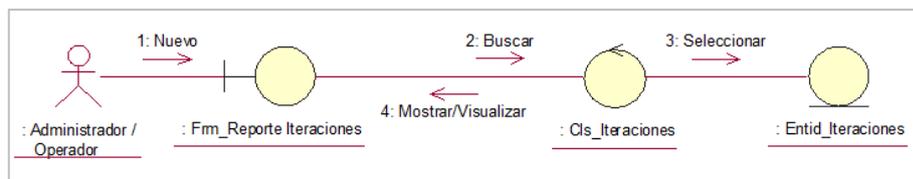


Figura 39: Diagrama de colaboración reporte iteraciones. (Fuente: Elaboración propia)

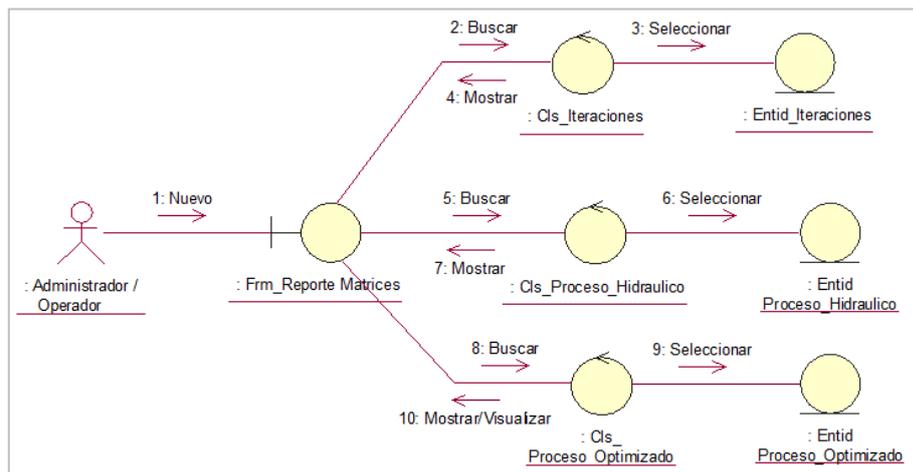


Figura 40: Diagrama de colaboración reporte de matrices. (Fuente: Elaboración propia)

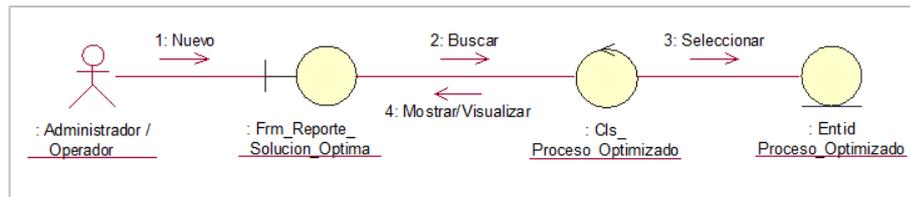


Figura 41: Diagrama de colaboración reporte de la solución más óptima. (Fuente: Elaboración propia)

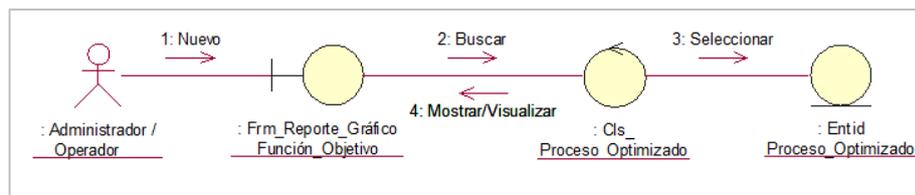


Figura 42: Diagrama de colaboración reporte de la función objetivo. (Fuente: Elaboración propia)

3. FASE DE CONSTRUCCIÓN

3.1. Análisis y diseño

3.1.1. Modelo de diseño

3.1.1.1. Diagrama de secuencias

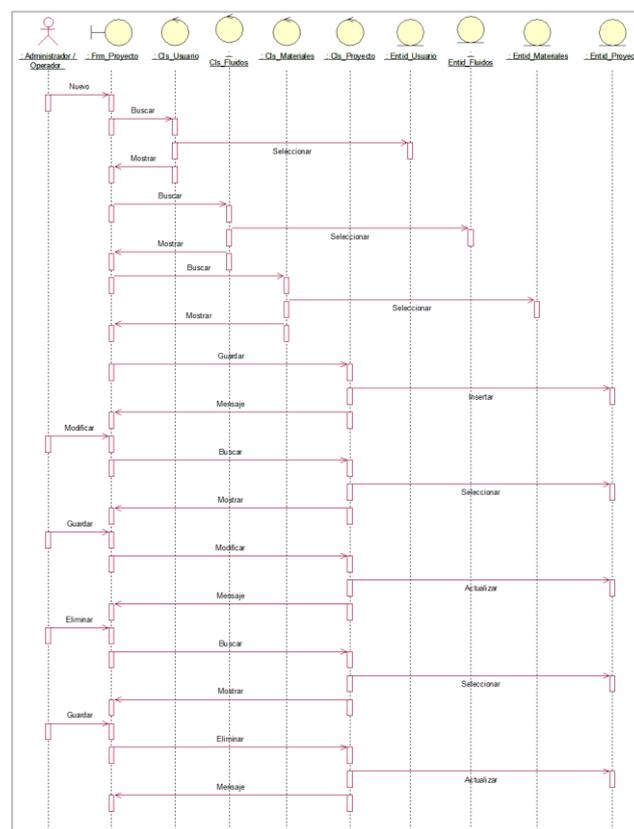


Figura 43: Diagrama de secuencia registrar reservorio. (Fuente: Elaboración propia)

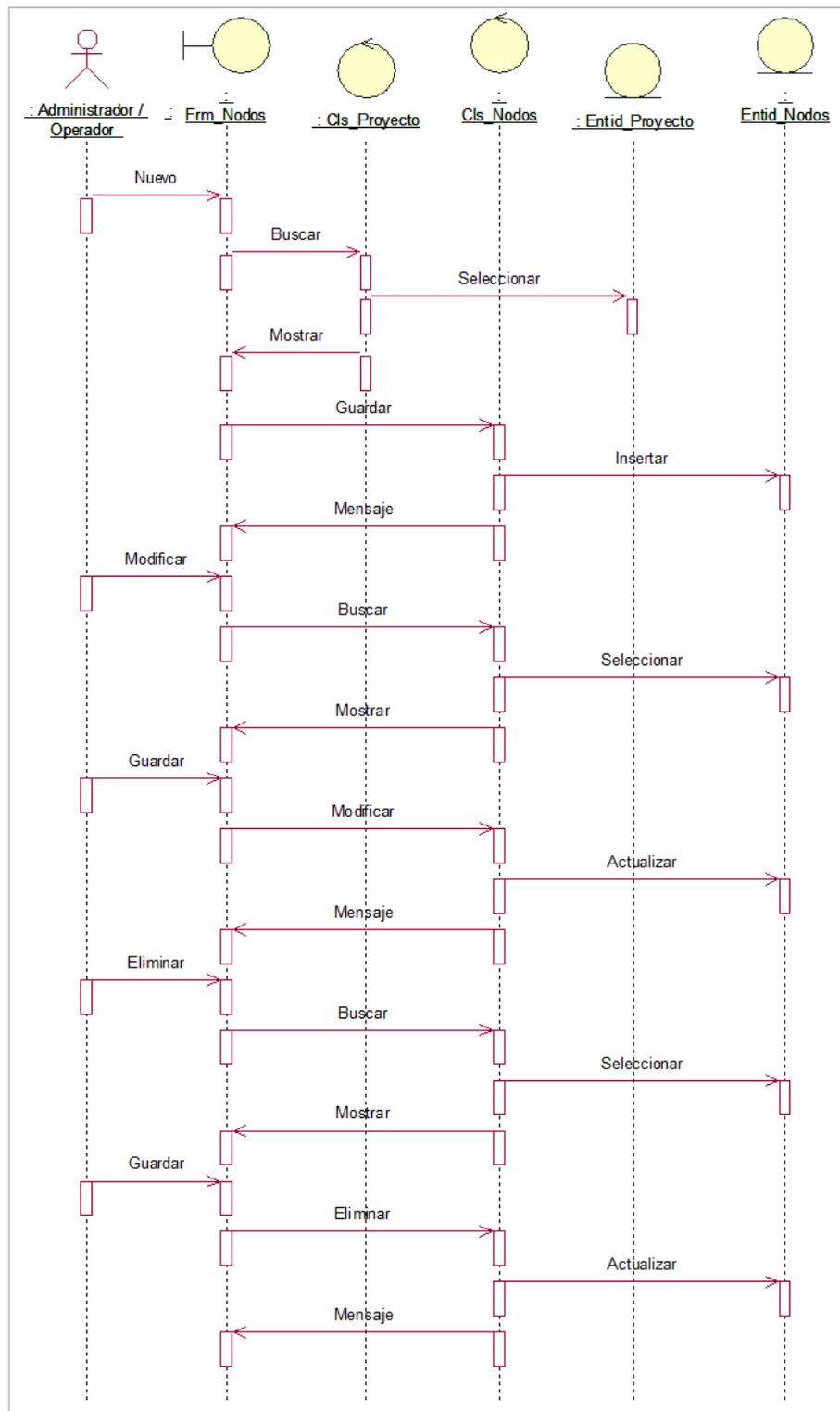


Figura 44: Diagrama de secuencia registrar nodos. (Fuente: Elaboración propia)

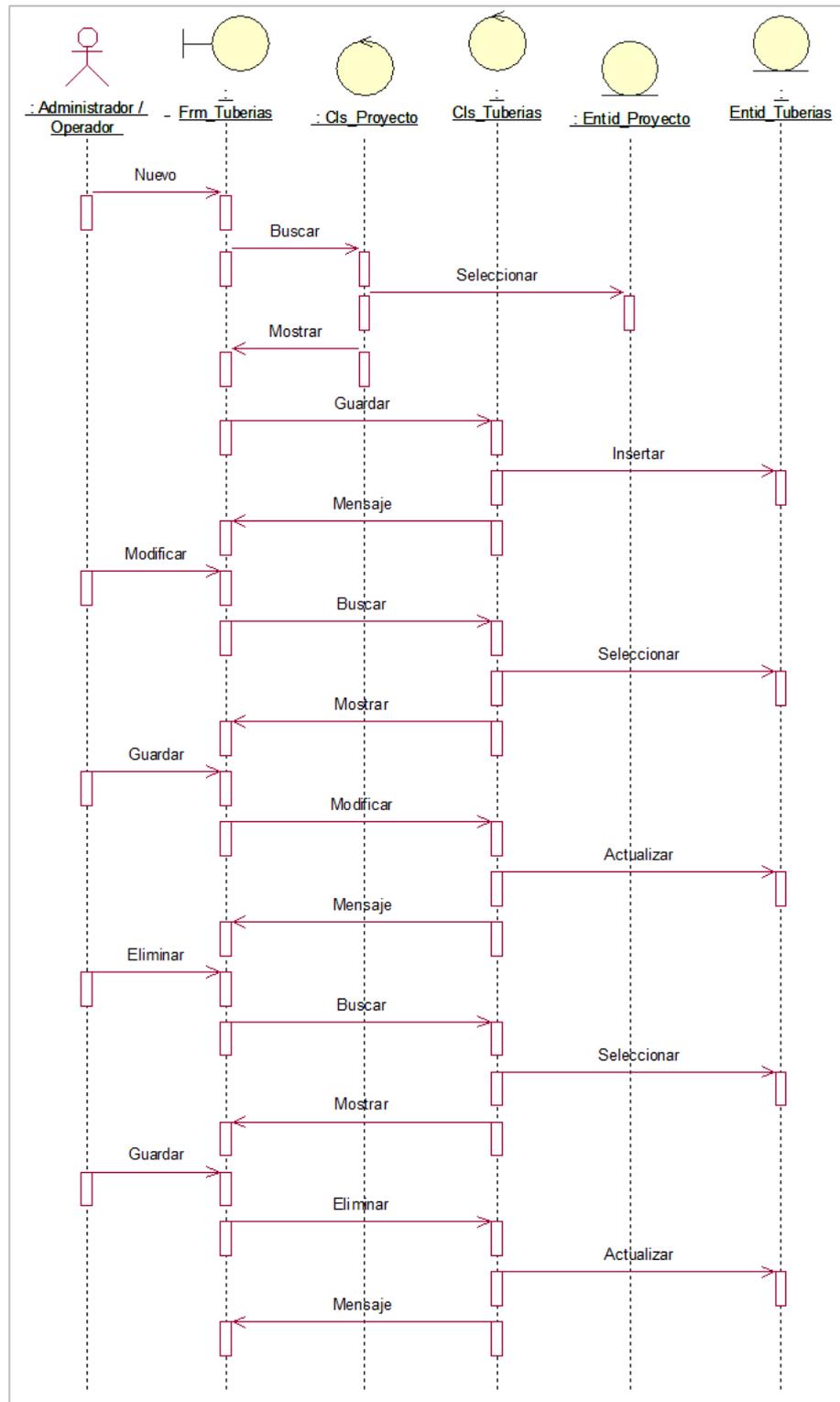


Figura 45: Diagrama de secuencia registrar tuberías. (Fuente: Elaboración propia)

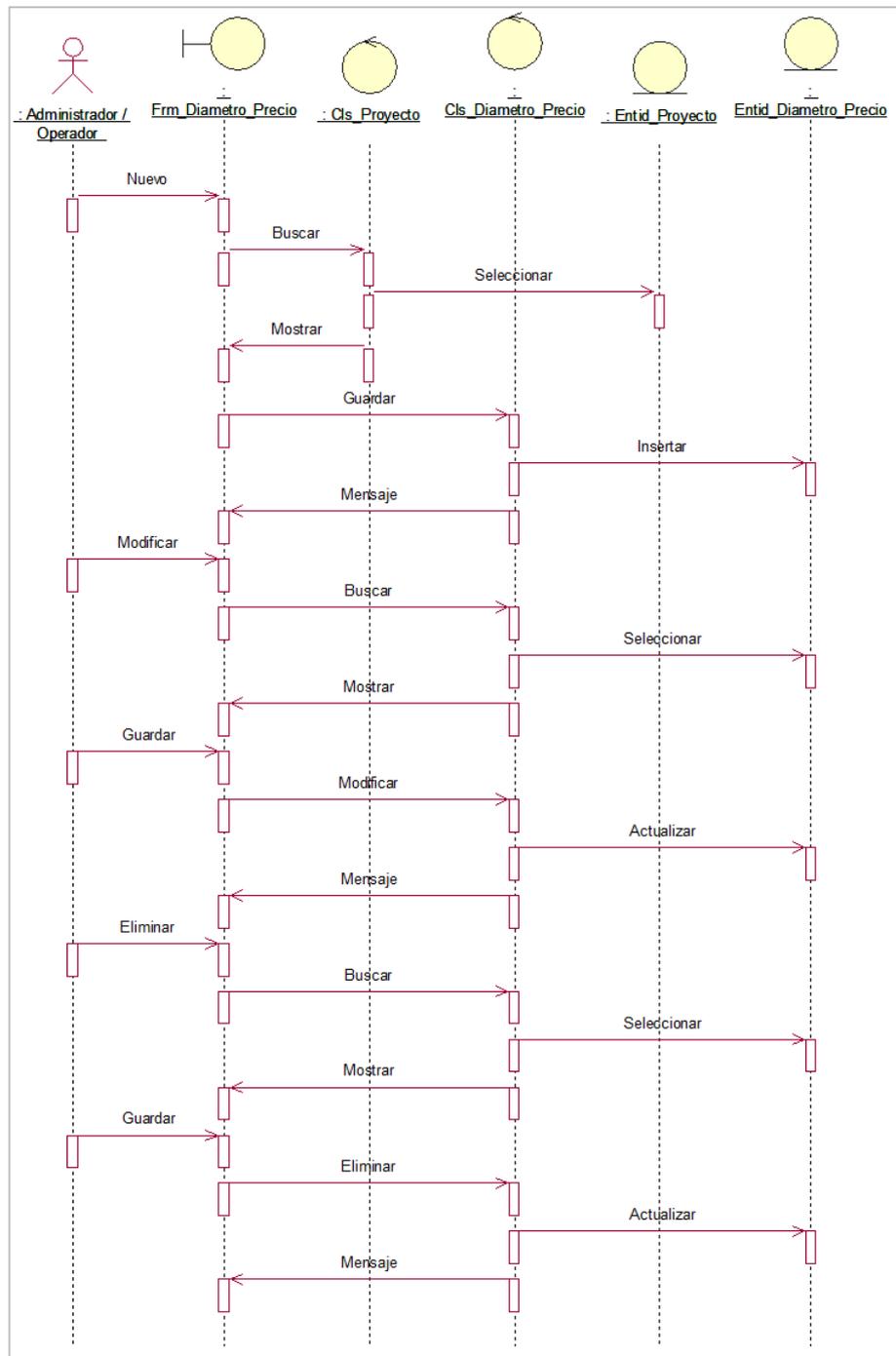


Figura 46: Diagrama de secuencia registrar diámetros y precios. (Fuente: Elaboración propia)

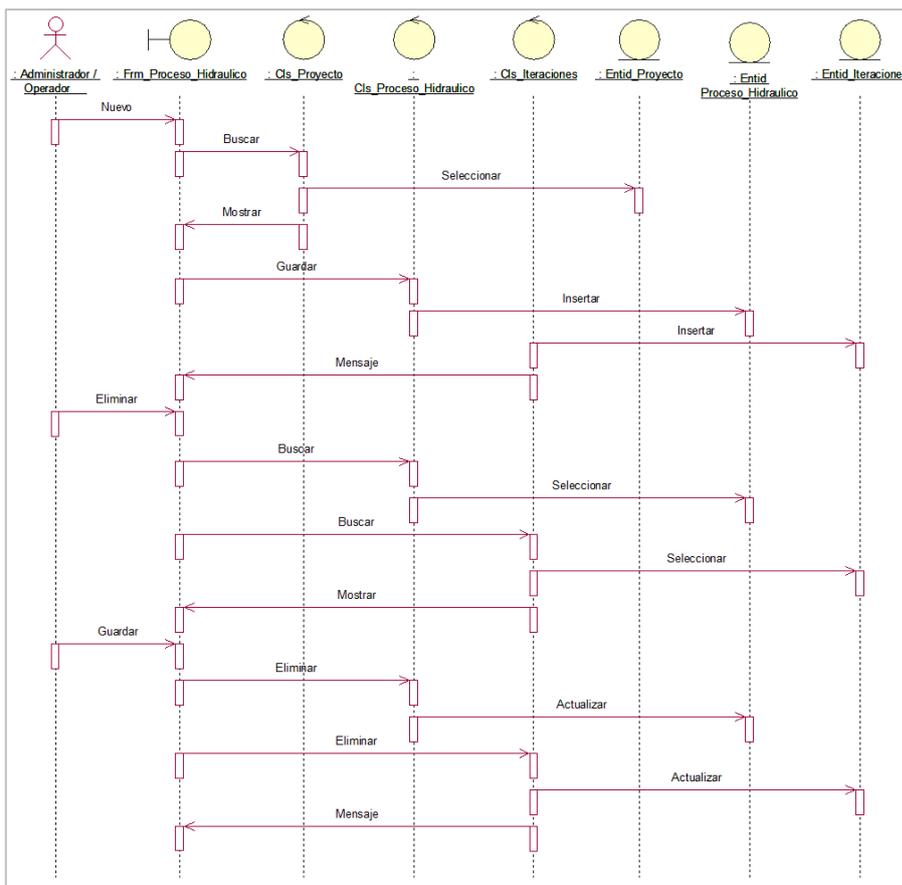


Figura 48: Diagrama de secuencia registrar proceso hidráulico. (Fuente: Elaboración propia)

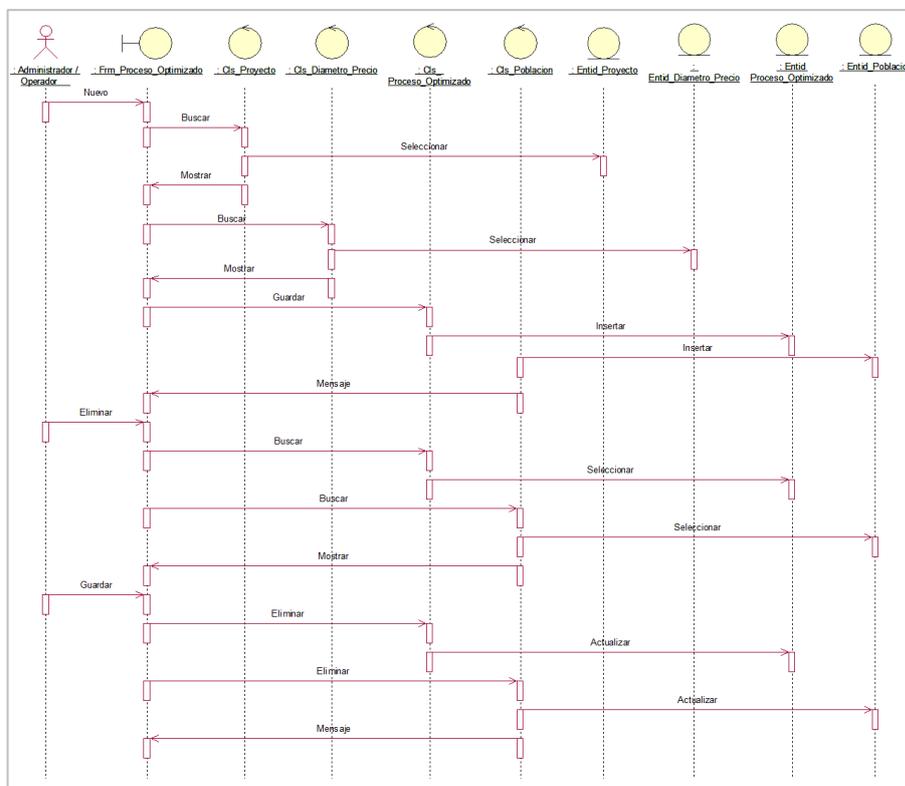


Figura 47: Diagrama de secuencia registrar proceso optimizado. (Fuente: Elaboración propia)

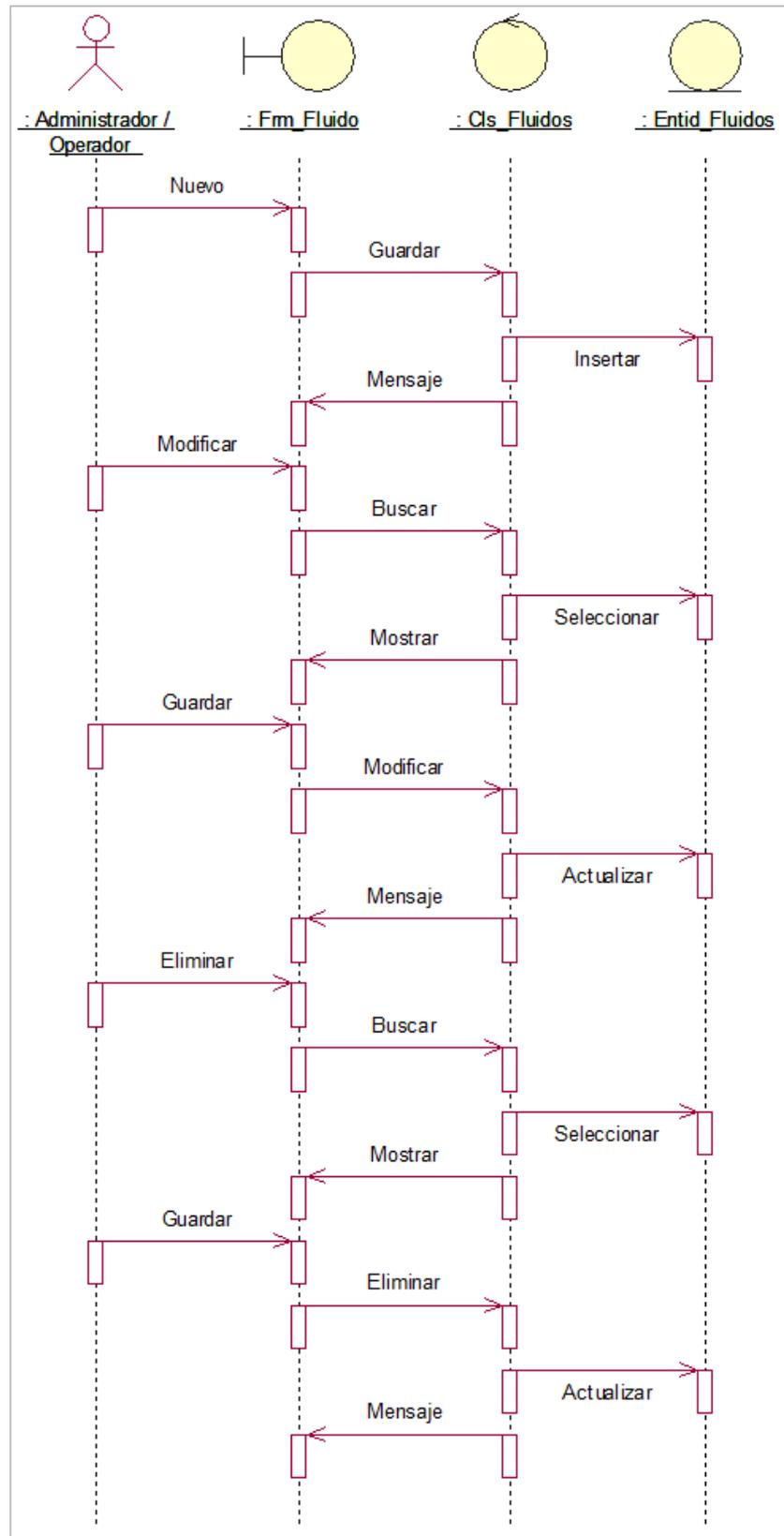


Figura 49: Diagrama de secuencia registrar fluidos. (Fuente: Elaboración propia)

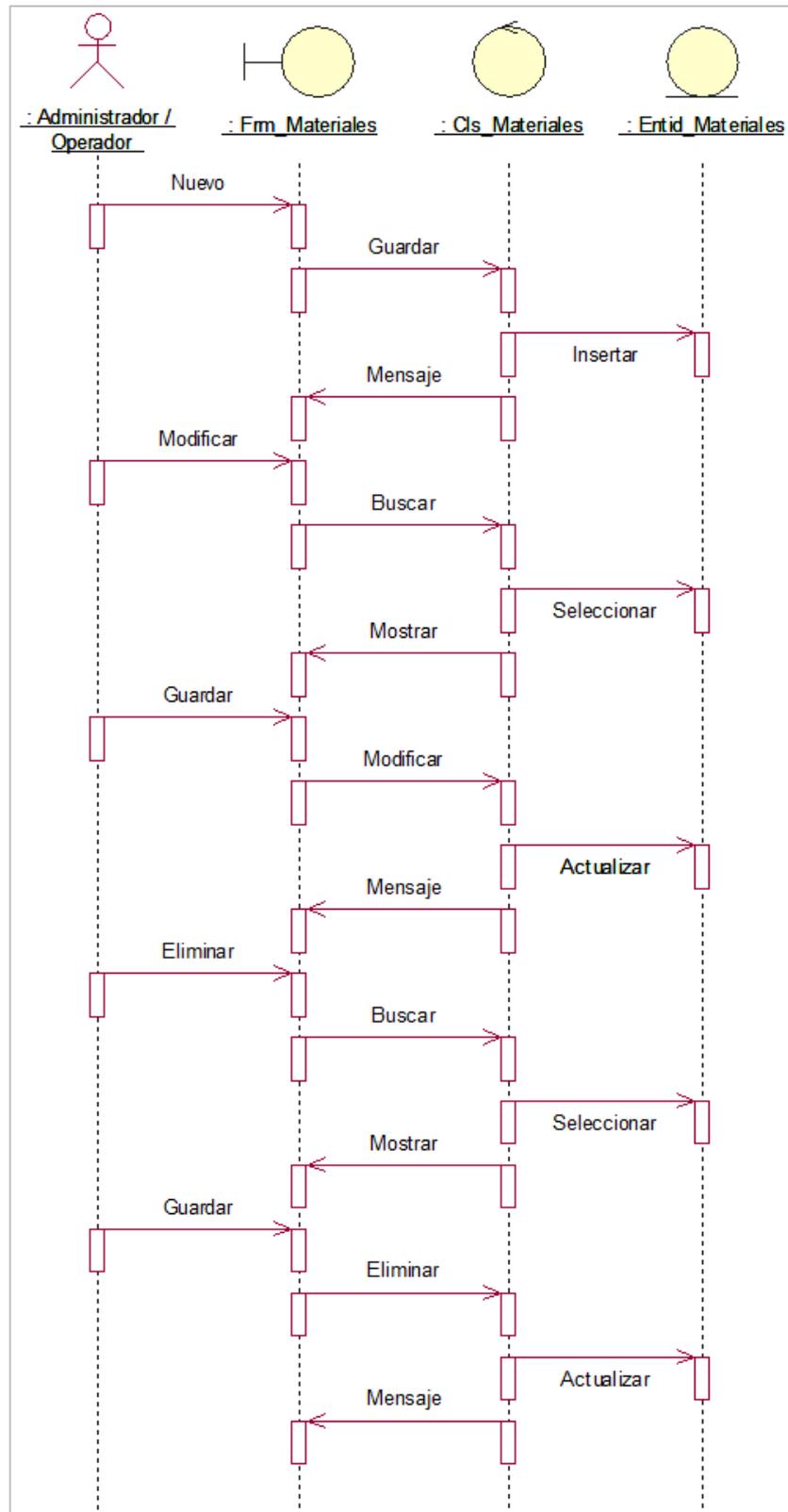


Figura 50: Diagrama de secuencia registrar materiales. (Fuente: Elaboración propia)

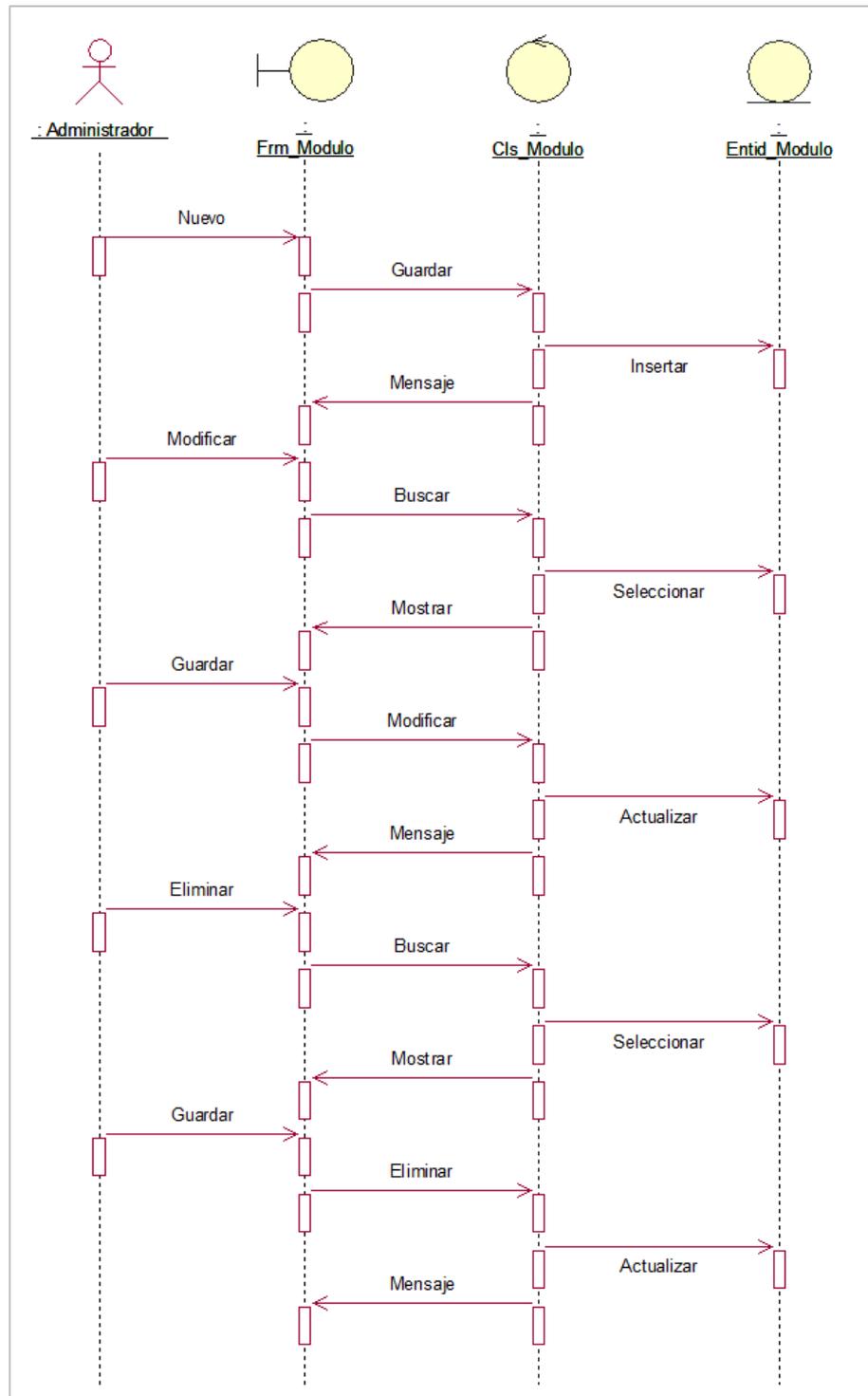


Figura 51: Diagrama de secuencia registrar módulo. (Fuente: Elaboración propia)

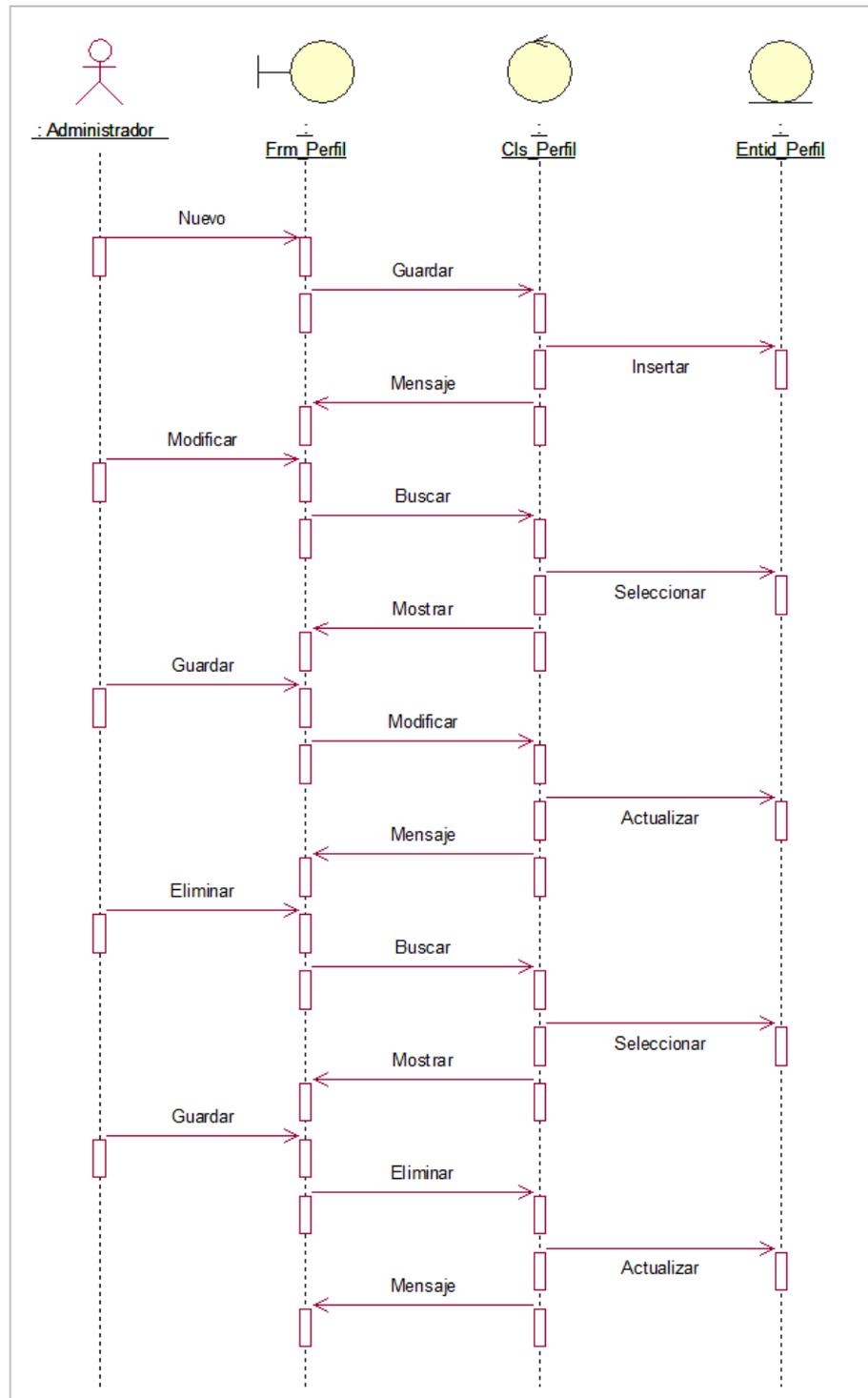


Figura 52: Diagrama de secuencia registrar perfil. (Fuente: Elaboración propia)

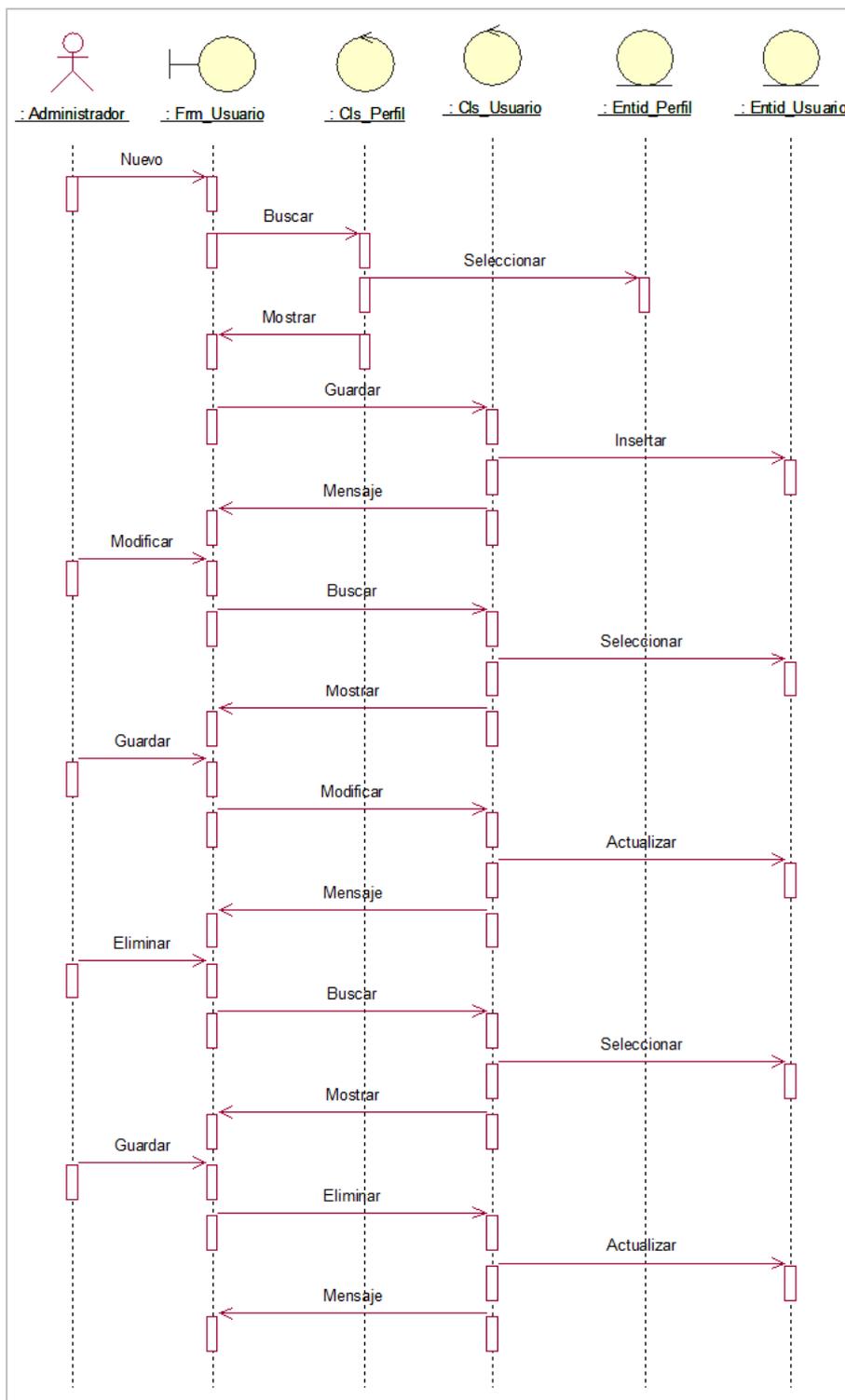


Figura 53: Diagrama de secuencia registrar usuario. (Fuente: Elaboración propia)

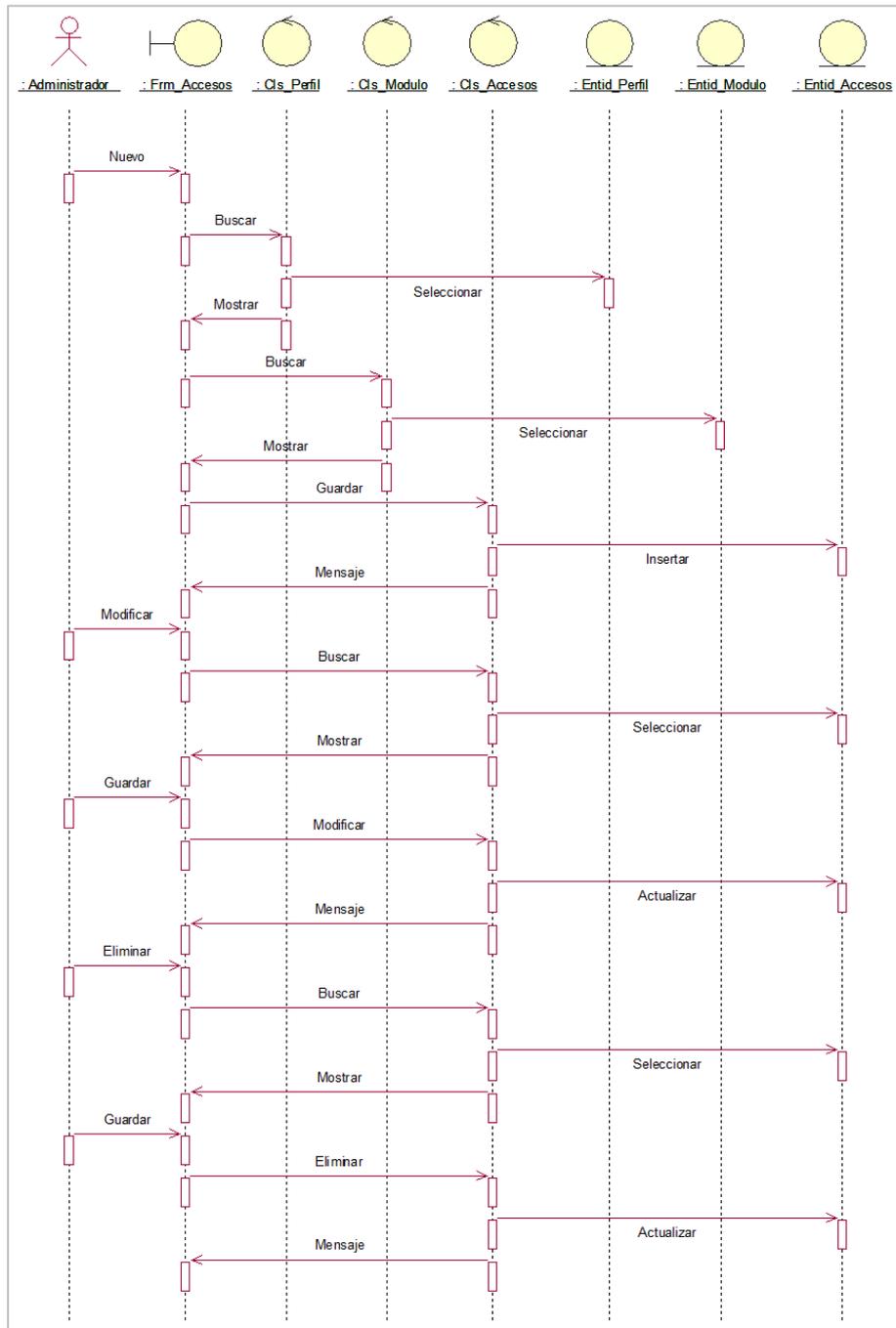


Figura 54: Diagrama de secuencia registrar accesos. (Fuente: Elaboración propia)

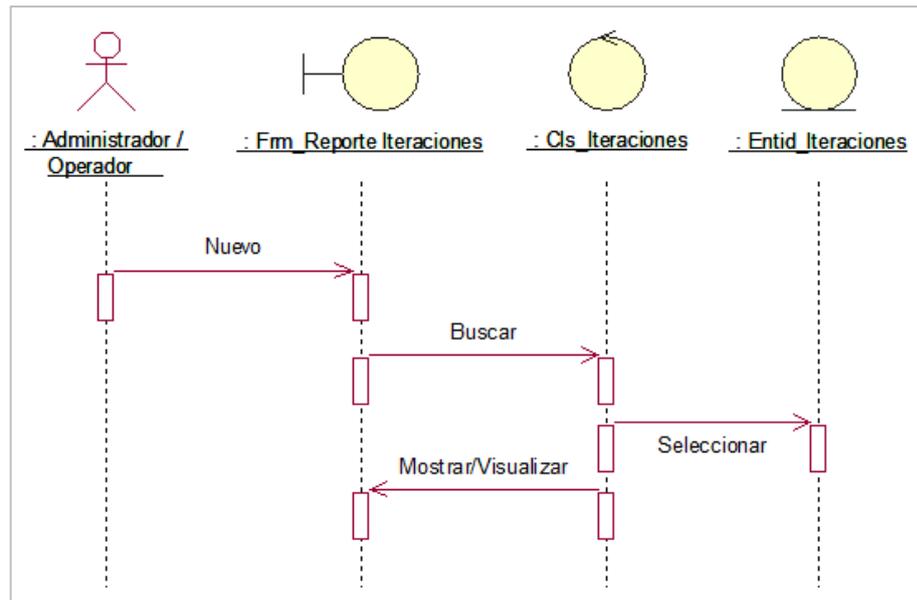


Figura 55: Diagrama de secuencia reporte de iteraciones. (Fuente: Elaboración propia)

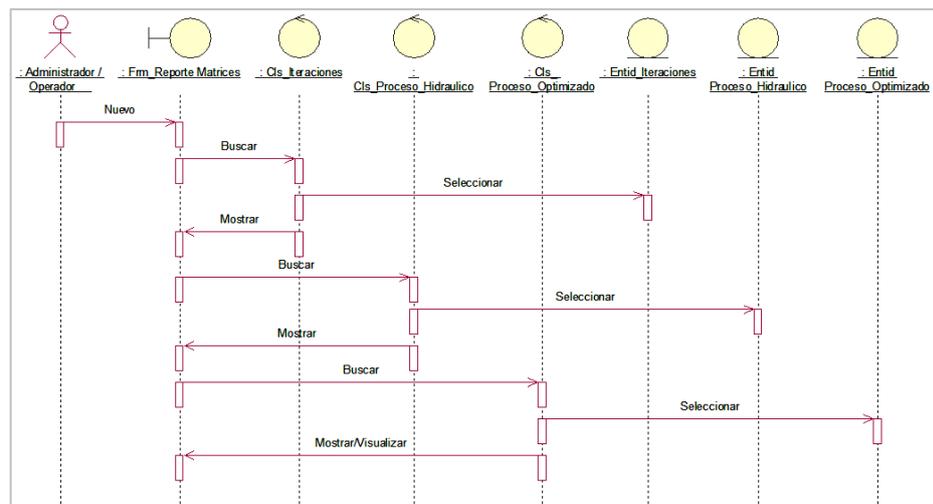


Figura 56: Diagrama de secuencia reporte de matrices. (Fuente: Elaboración propia)

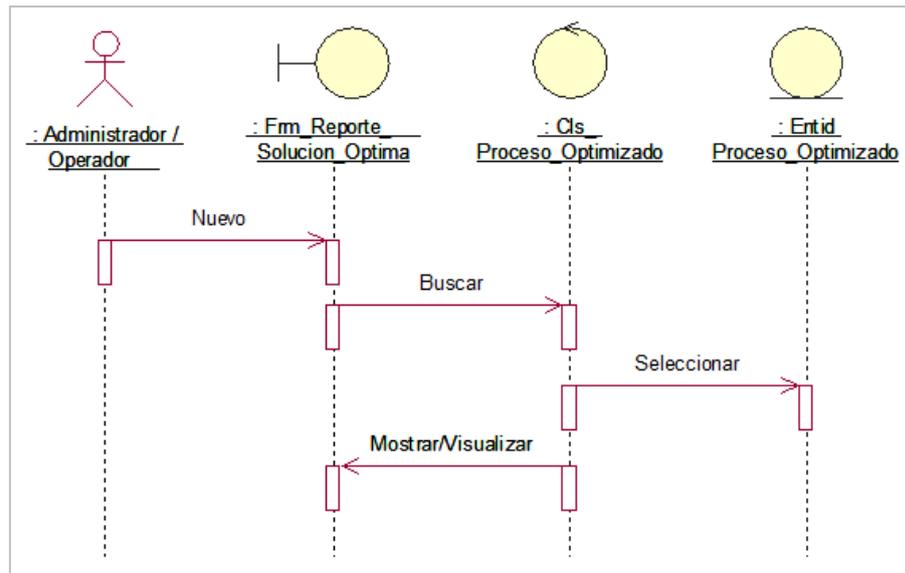


Figura 58: Diagrama de secuencia reporte de la solución óptima. (Fuente: Elaboración propia)

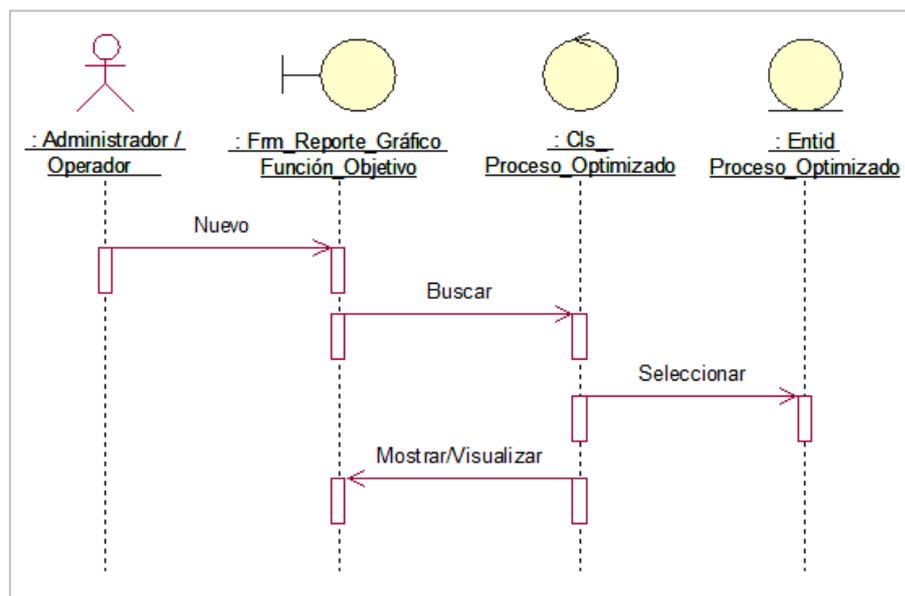


Figura 57: Diagrama de secuencia reporte de la función objetivo. (Fuente: Elaboración propia)

3.1.1.2. Diagrama de clases

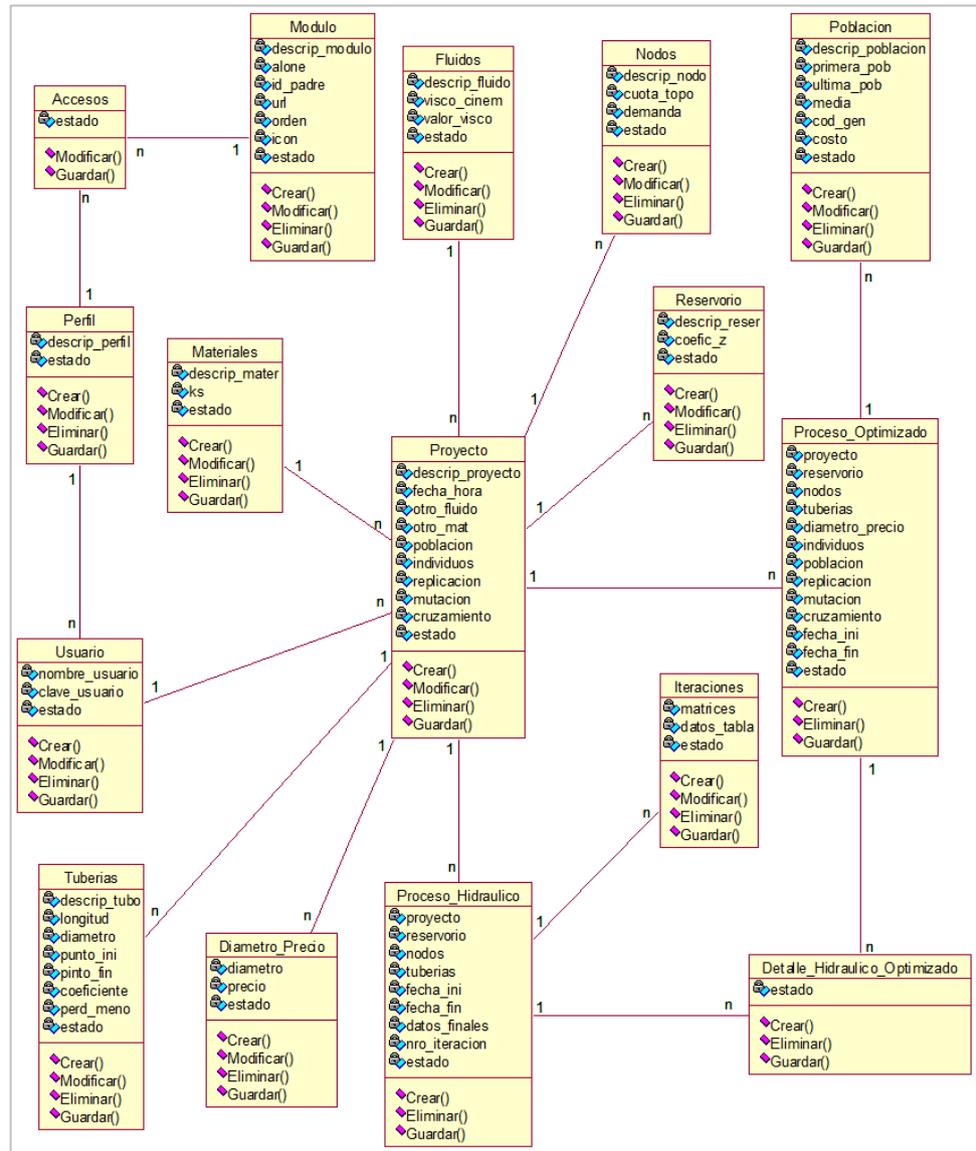


Figura 59: Diagrama de clases. (Fuente: Elaboración propia)

3.1.1.3. Diagrama de datos

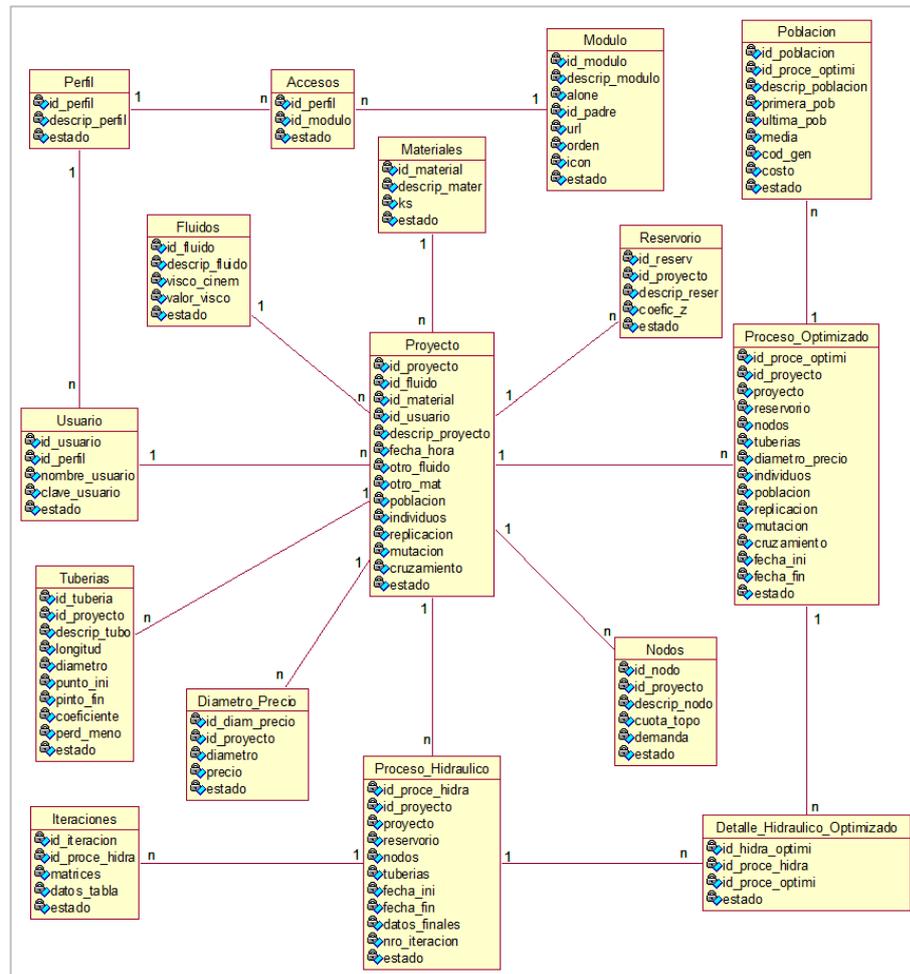


Figura 60: Diagrama de datos. (Fuente: Elaboración propia)

3.1.1.4. Diagrama de despliegue

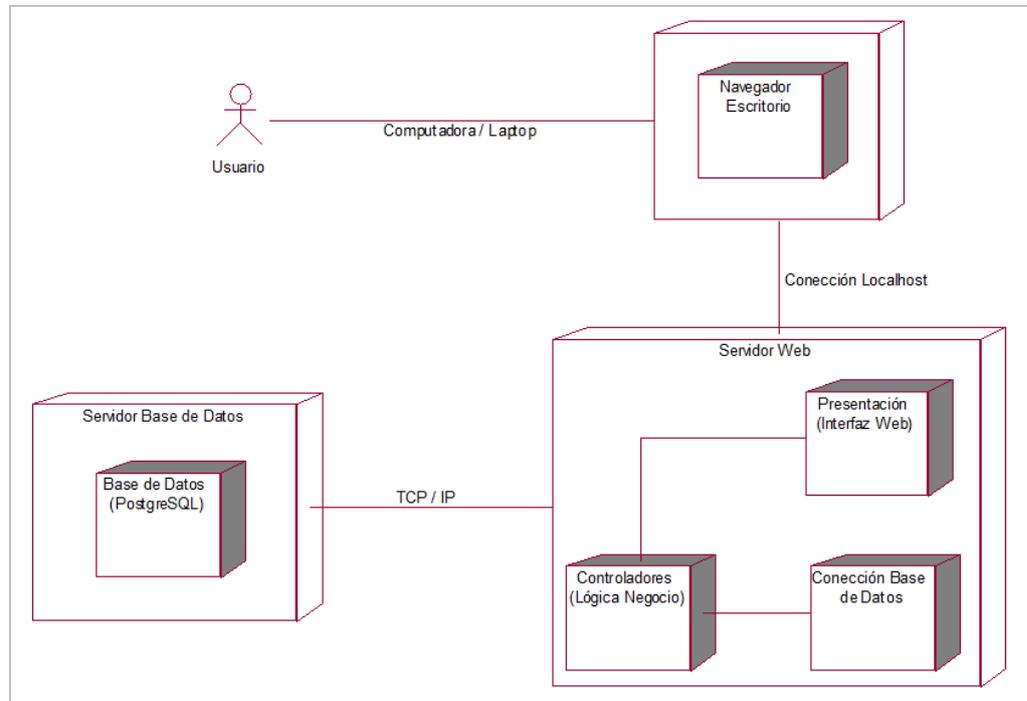


Figura 61: Diagrama de despliegue. (Fuente: Elaboración propia)

3.2. Implementación

3.2.1. Modelo de implementación

3.2.1.1. Diagrama de componentes

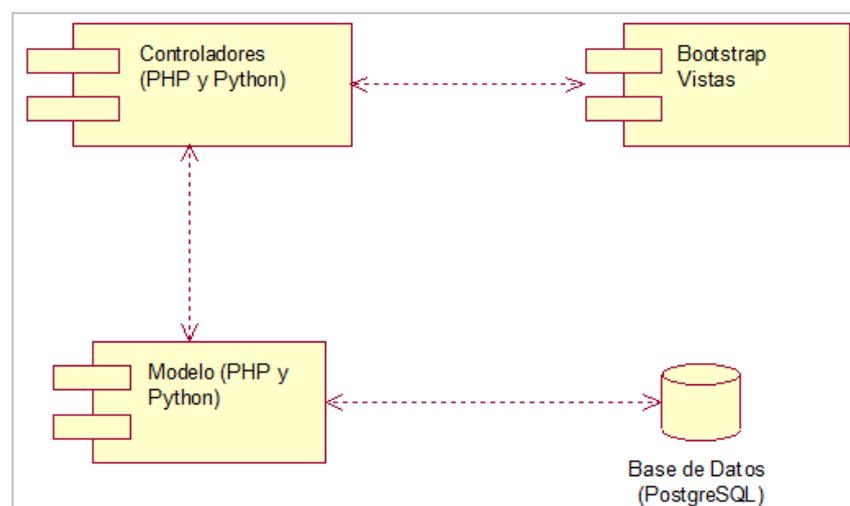


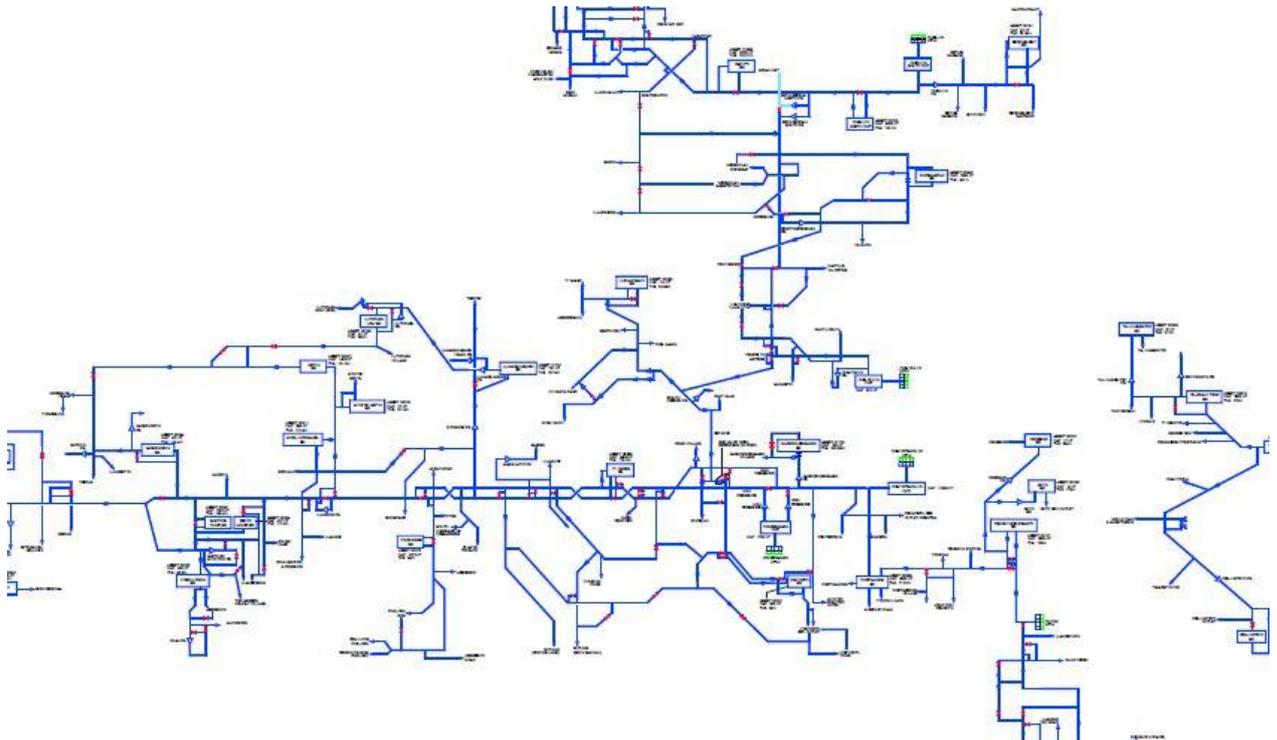
Figura 62: Diagrama de componentes. (Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5: Manual de uso del sistema de información basado en el modelo del algoritmo genético.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Sistema para cálculo de diámetros de tuberías para redes de distribución



MANUAL DE USUARIO

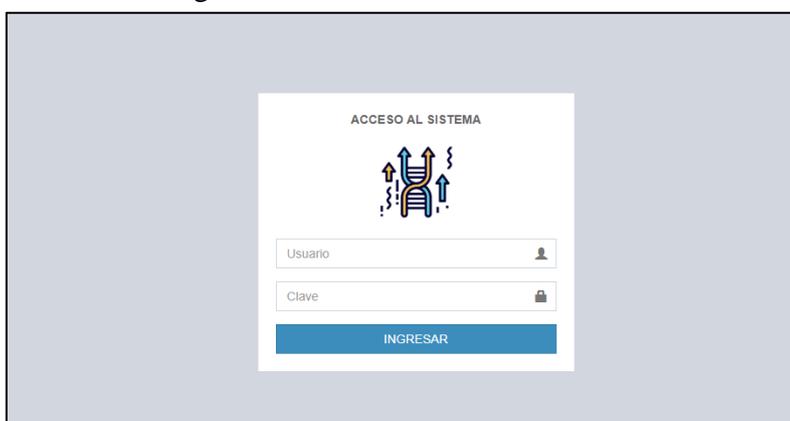
Tarapoto – Perú - 2018

INTRODUCCIÓN

El siguiente manual de usuario tiene como finalidad describir detalladamente las funciones y uso del sistema para cálculo de diámetro de las tuberías de redes de distribución. A continuación, se explicará las funcionalidades de básicas del sistema para luego detallar cada módulo que hay en el sistema. El sistema maneja solo dos perfiles que son Administrador, el que tiene acceso a todos los módulos y Operador que solo tiene acceso al módulo de proyectos.

Funcionalidades básicas

Cada persona tendrá que ingresar su usuario y clave para poder acceder al sistema mediante la siguiente interface:



Luego de ingresar al sistema se tendrá en cuenta lo siguiente:



1. Lista de módulos, menú, para ingresar a los diferentes módulos principales.
2. Opción del usuario, al hacer clic muestra el botón para salir del sistema terminando la sesión del usuario.
3. Lista de nuestro de datos, el usuario podrá ajustar cuantos registros se mostrar en la grilla, por defecto esta en mostrar 10 registros.
4. Buscador. Cada grilla o tabla de datos tiene su buscador donde el usuario puede poner el texto que desea encontrar.
5. Botón Registrar. Al hacer clic mostrar un formulario, dependiendo del módulo te mostrar los datos necesario para el registro

6. Grilla o tabla de datos. Muestra todos los registros realizado por el formulario de registro.
7. Botón Editar. Al hacer clic mostrara el formulario de registro con los datos ya registrados para que el usuario modifique alguno el cual lo vea necesario.
8. Botón Eliminar. AL hacer clic mostrar un mensaje de advertencia para confirmar si realmente está seguro de eliminar el registro seleccionado.

Módulos

1. Proyectos

En este módulo los perfiles de Administrador y Operador tienen acceso, y es la que administra los proyectos de cada usuario independientemente.

Proyecto	Fluido	Material	Acciones
Red Hanoi (34 Tuberías)	Agua (0°C) - 1.79E-06	PVC - 0.00150000	Reservorio, Nodos, Tubos, Diametros Comerciales, Optimización, Editar, Eliminar
Proyecto 7 tuberías	Otros - 0.0000015656	Otros - 0.0000015	Reservorio, Nodos, Tubos, Diametros Comerciales, Optimización, Editar, Eliminar

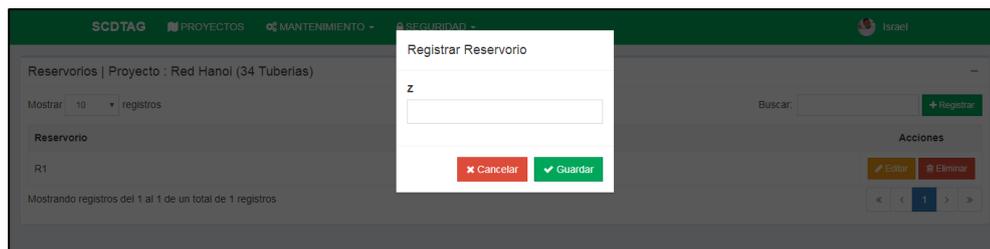
Para tener un proyecto nuevo se tiene que llenar los datos como nombre del proyecto, el fluido y el material de las tuberías de la red de distribución en el siguiente formulario:

Una vez registrado, el nuevo registro se lista en la grilla junto con los siguientes botones de acción:

- **Reservorio**

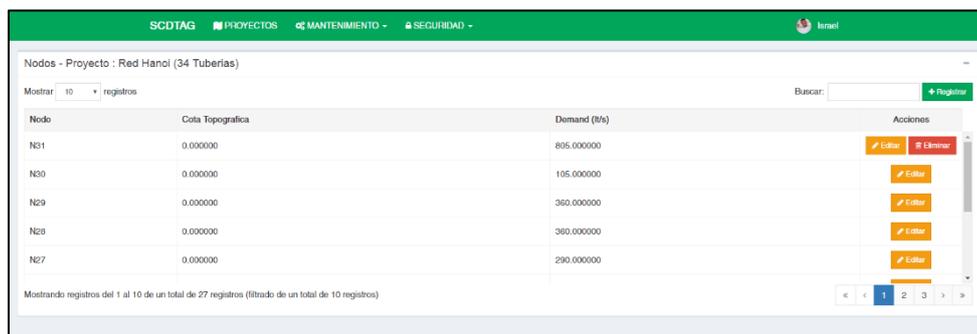


En este módulo se administra los reservorios que tendrá el proyecto, red de distribución, en el siguiente formulario:

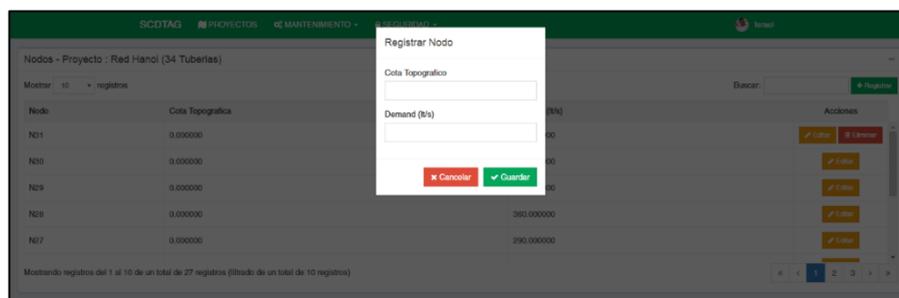


Donde Z es la altura en la cual estará el reservorio.

- **Nodos**



En este módulo se administra los nodos que tendrá el proyecto, red de distribución, en el siguiente formulario:



Donde cota topográfica es la altura en el cual se encontrará el nodo, la demanda los litros por segundo del fluido que pasará por dicho nodo.

- **Tubos**

SCDTAG | PROYECTOS | MANTENIMIENTO | SEGURIDAD | Israel

Tuberías - Proyecto: Red Hanoi (34 Tuberías)

Mostrar 10 registros | Buscar: [] + Registrar

Tubería	Longitud(m)	Punto Inicial	Punto Final	Acciones
T34	950.00	N31	N24	[Editar] [Eliminar]
T33	860.00	N30	N31	[Editar]
T32	150.00	N29	N30	[Editar]
T31	1600.00	N28	N29	[Editar]
T30	2000.00	N27	N28	[Editar]

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 34 registros (filtrado de un total de 10 registros)

< 1 2 3 4 >

En este módulo se administra los tubos que tendrá el proyecto, red de distribución, en el siguiente formulario:

SCDTAG | PROYECTOS | MANTENIMIENTO | SEGURIDAD | Israel

Tuberías - Proyecto: Red Hanoi (34 Tuberías)

Mostrar 10 registros | Buscar: [] + Registrar

Registrar Tubería

Longitud(m) []

Punto Inicial [R1] Punto Final [R1]

[Cancelar] [Guardar]

Tubería	Longitud(m)	Punto Inicial	Punto Final	Acciones
T34	950.00	N31	N24	[Editar] [Eliminar]
T33	860.00	N30	N31	[Editar]
T32	150.00	N29	N30	[Editar]
T31	1600.00	N28	N29	[Editar]
T30	2000.00	N27	N28	[Editar]

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 34 registros (filtrado de un total de 10 registros)

< 1 2 3 4 >

Donde longitud es largo que tendrá el tubo y punto inicial y final los nodos de unión a este.

- **Diámetros comerciales**

SCDTAG | PROYECTOS | MANTENIMIENTO | SEGURIDAD | Israel

Diámetros Comerciales - Proyecto: Red Hanoi (34 Tuberías)

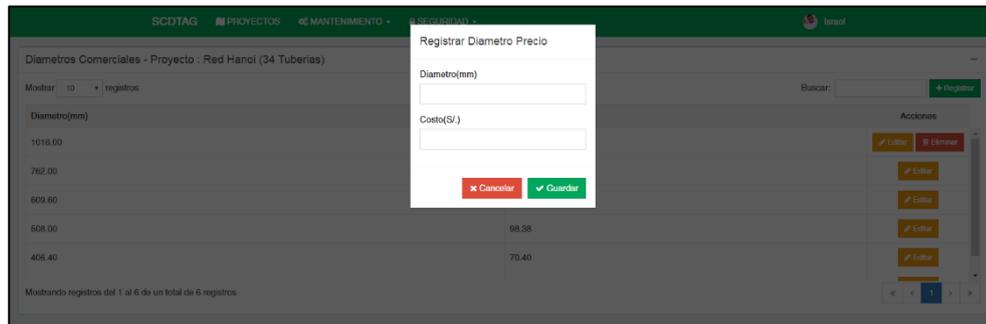
Mostrar 10 registros | Buscar: [] + Registrar

Diámetro(mm)	Coste(\$.)	Acciones
1016.00	278.28	[Editar] [Eliminar]
762.00	180.75	[Editar]
609.60	129.33	[Editar]
508.00	98.38	[Editar]
406.40	70.40	[Editar]

Mostrando registros del 1 al 6 de un total de 6 registros

< 1 >

En este módulo se administra los diámetros que se usara en el proyecto, red de distribución, el en el siguiente formulario:

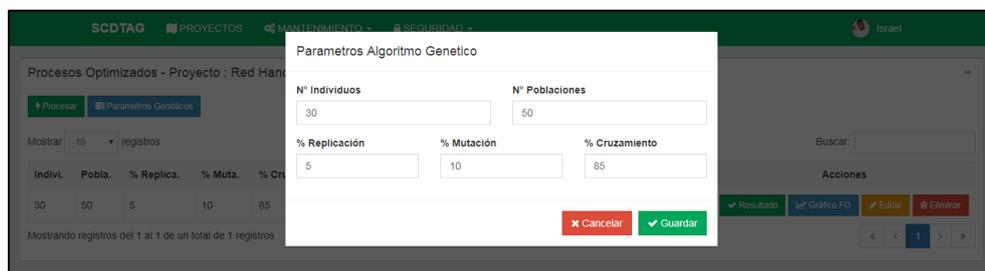


Donde se tiene que registrar la longitud del diámetro y su costo por metro del tubo que tendrá este.

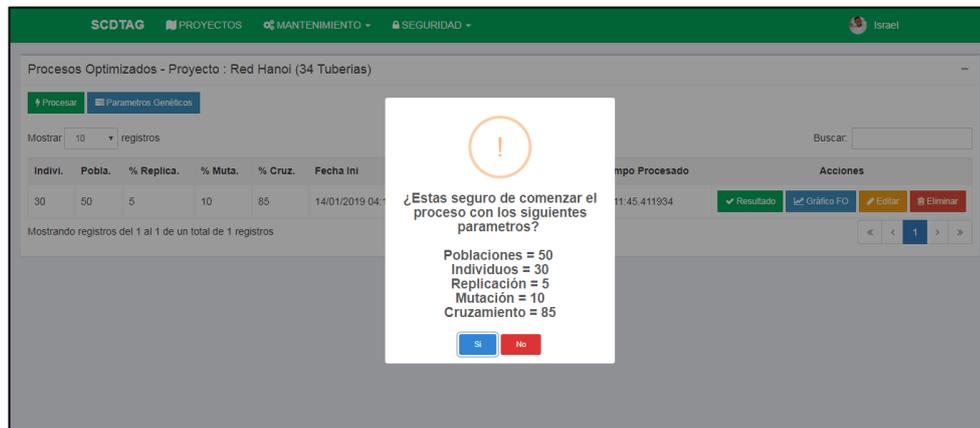
- **Optimización**



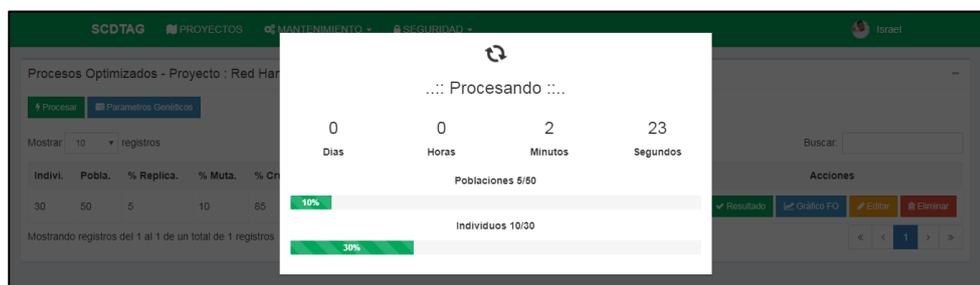
En este módulo se configura los parámetros del algoritmo genético para posteriormente calcular los diámetros adecuados para el proyecto, red de distribución, para ello lo primero que se debe hacer registrar los parámetros del algoritmo genético en el siguiente formulario dando clic en el boto parámetros genéticos:



Donde lo necesario cambiar es N° individuos y N° poblaciones lo cual multiplicando ambos nos resulta el número de soluciones que se crearan, conjunto de diámetros adecuados. El siguiente paso es dar clic en el botón procesar y nos saldrá la siguiente ventana de confirmación:



Al aceptar el proceso nos mostrara la barra de carga, loader, del procesamiento que se está realizando, eso puede demorar varios minutos dependiendo de la configuración de los parámetros genéticos.



Una vez terminado el proceso, en la grilla nos muestra el nuevo registro creado y el tiempo que este demoro más los siguientes botones de acción:

- **Resultado**

SCDTAG PROYECTOS MANTENIMIENTO SEGURIDAD Israel											
Resultado Matrices Excel											
# Tubo	Punto Inicial	Punto Final	Longitud(m)	Diametro (mm)	Costo \$/	Longitud x Costo \$/	Velocidad(m/seg)	Caudal(m/seg)	Presión(mca)	Factor de fricción	
T1	R1	N1	100	50.8	50.4	5040	6.71	0.5270933792304	40.53	0.056980569342752	
T2	N1	N2	1350	76.2	109.5	147825	8.93	0.0012637450426824	19.88	0.048459099334887	
T3	N2	N3	900	50.8	50.4	45360	8.53	0.0012637450426824	22.65	0.05695249615594	
T4	N3	N4	1150	50.8	50.4	57960	7.29	0.0012637450426824	24.36	0.056954680727222	
T5	N4	N5	1450	152.4	392.3	568835	3.12	7.533544971866	26.62	0.037941100407102	
T6	N5	N6	450	76.2	109.5	49275	7.65	6.528544971866	30.98	0.048475629187377	
T7	N6	N7	850	50.8	50.4	42840	7.85	5.178544971866	27.69	0.056954680727222	
T8	N7	N8	850	76.2	109.5	93075	4.60	4.628544971866	13.75	0.04857459522244	
T9	N8	N9	800	50.8	50.4	40320	4.80	4.103544971866	26.34	0.057071003348913	
T10	N9	N10	950	76.2	109.5	104025	5.98	2	11.32	0.048528444942822	
T11	N10	N11	1200	76.2	109.5	131400	8.86	1.5	46.6	0.048459099334887	
T12	N11	N12	3500	50.8	50.4	176400	7.82	0.94	46.84	0.056954680727222	

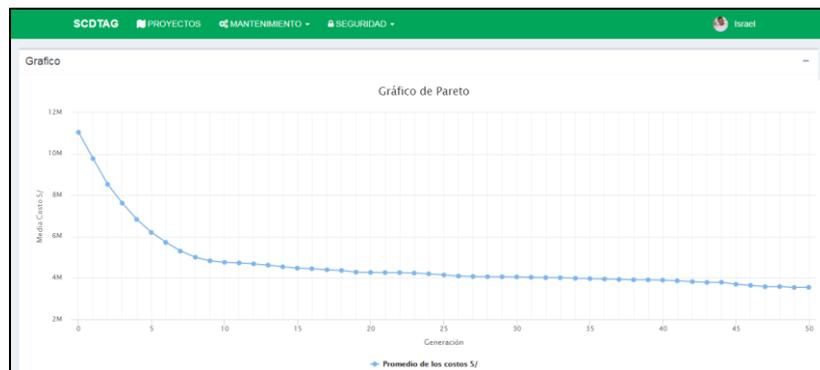
En esta sección la nos muestra el resultado final que la información del diámetro, costo, velocidad, caudal y presión del fluido de cada tubería. Para ver si todo el proceso es correcto también se muestra el reporte de matrices, lo cual se muestra al dar clic en el botón matrices.

SCDTAG PROYECTOS MANTENIMIENTO SEGURIDAD Israel																							
Matrices Iteracion N° 11																							
Matriz CONECTIVIDAD																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Y también el botón Excel, que permite exportar el resultado final a un archivo Excel para su mejor manejo.

#	Tubo	Punto Inicial	Punto Final	Longitud(m)	Diametro (mm)	Costo \$/	Longitud x Costo	Velocidad(m/seg)	Caudal(m³/seg)	Presión(mca)	Factor de fricción
1	T1	R1	N1	100	50.8	50.4	5040	6.71	0.527095379	40.53	0.056980569
2	T2	N1	N2	1350	76.2	109.5	147825	8.93	0.001263745	19.88	0.048459099
3	T3	N2	N3	900	50.8	50.4	45360	8.53	0.001263745	22.65	0.056953525
4	T4	N3	N4	1150	50.8	50.4	57960	7.29	0.001263745	24.36	0.056954681
5	T5	N4	N5	1450	152.4	392.3	568835	3.12	7.533544972	26.62	0.0379411
6	T6	N5	N6	450	76.2	109.5	49275	7.65	6.528544972	30.98	0.048475629
7	T7	N6	N7	850	50.8	50.4	42840	7.85	5.178544972	27.69	0.056954681
8	T8	N7	N8	850	76.2	109.5	93075	4.6	4.628544972	13.75	0.04857456
9	T9	N8	N9	800	50.8	50.4	40320	4.8	4.103544972	26.34	0.057071003
10	T10	N9	N10	950	76.2	109.5	104025	5.98	2	11.32	0.048528445
11	T11	N10	N11	1200	76.2	109.5	131400	8.86	1.5	46.6	0.048459099
12	T12	N11	N12	3500	50.8	50.4	176400	7.82	0.94	46.84	0.056954681
13	T13	N9	N13	800	76.2	109.5	87600	3.29	1.578544972	40.22	0.048551213
14	T14	N13	N14	500	50.8	50.4	25200	6.85	0.963544972	24.22	0.056980569
15	T15	N14	N15	550	50.8	50.4	27720	4.59	0.683544972	39.25	0.057071003
16	T16	N15	N16	2730	50.8	50.4	137592	6.53	0.749914502	10.38	0.056980569
17	T17	N16	N17	1750	50.8	50.4	88200	6.14	0.115085498	18.82	0.056980569
18	T18	N17	N18	800	50.8	50.4	40320	6.6	1.229914502	45.2	0.056980569
19	T19	N18	N2	400	101.6	182	72800	8.68	1.169914502	23.28	0.043543072
20	T20	N2	N19	2200	76.2	109.5	240900	4.72	2.691540526	21.3	0.04857456
21	T21	N19	N20	1500	50.8	50.4	75600	3.32	1.415	14.58	0.057161165
22	T22	N20	N11	500	101.6	182	91000	6.38	0.485	34.73	0.043577699

- **Gráfico FO (Frente de Pareto)**



En este gráfico se muestra la evolución de las soluciones creadas en el procesamiento, esto se crea sacando el promedio de la función objetivo de los individuos de cada generación.

2. Mantenimiento

Este módulo solo los usuarios con el perfil administrador tienen acceso.

- **Fluidos**

Fluidos

Mostrar 10 registros

Buscar: + Registrar

Fluido	Viscosidad Cinematica	Valor Viscosidad	Acciones
Agua (0°C)	1.79E-06	0.00000179	Editar Eliminar
Agua (5°C)	1.52E-06	0.00000152	Editar Eliminar
Agua (10°C)	1.31E-06	0.00000131	Editar Eliminar
Agua (15°C)	1.14E-06	0.00000114	Editar Eliminar
Agua (20°C)	1.01E-06	0.00000101	Editar Eliminar

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 13 registros (filtrado de un total de 10 registros)

En este módulo se administra los fluidos con los cuales se puede trabajar en el proyecto. Para registrar un nuevo fluido se ingresan el nombre del fluido, viscosidad cinemática y el valor de viscosidad en el siguiente formulario:

The screenshot shows the 'Registrar Fluido' form with the following fields:

- Descripción:
- Viscosidad Cinemática:
- Valor Viscosidad:

Buttons:

The background table shows the following data:

Fluido	Viscosidad Cinemática	Valor Viscosidad
Agua (0°C)		
Agua (5°C)		
Agua (10°C)		
Agua (15°C)	1.14E-06	0.0000141
Agua (20°C)	1.01E-06	0.0000101

- **Materiales**

The screenshot shows the 'Materiales' table with the following data:

Material	Ks	Acciones
Acero	0.04600000	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
Acero remachado	0.90000000	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
Asbesto cemento	0.02500000	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
Arcilla vitrificada	0.15000000	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
Concreto	0.30000000	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>

En este módulo se administra los materiales con los cuales se puede trabajar en el proyecto. Para registrar un nuevo material se ingresan el nombre del material, y el ks factor de fricción del material en el siguiente formulario:

The screenshot shows the 'Registrar Material' form with the following fields:

- Descripción:
- KS:

Buttons:

The background table shows the following data:

Material	KS
Acero	0.04600000
Acero remachado	0.90000000
Asbesto cemento	0.02500000
Arcilla vitrificada	0.15000000
Concreto	0.30000000

3. Seguridad

- Módulos

Modulo	Mod. Padre	Uri	Orden	Icon	Target	Acciones
Materiales	MANTENIMIENTO	material	2			Editar Eliminar
Fluidos	MANTENIMIENTO	fluido	1			Editar Eliminar
Permisos	SEGURIDAD	permiso	4			Editar Eliminar
Perfiles	SEGURIDAD	perfil	3			Editar Eliminar
Usuarios	SEGURIDAD	usuario	2			Editar Eliminar

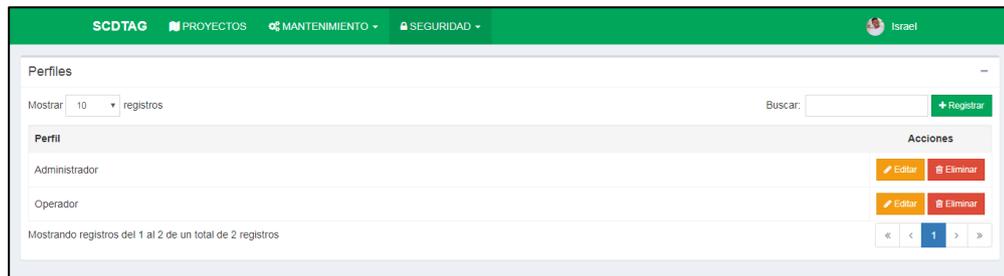
En este módulo se administra las opciones del menú que tendrá el sistema. Para registrar un nuevo módulo se ingresan los datos en el siguiente formulario:

- Usuarios

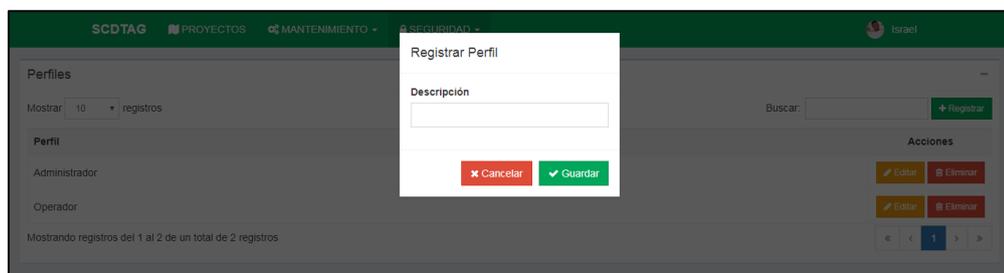
Nombres y Apellidos	Dirección	Teléfono	Perfil	Usuario	Acciones
Israel Flores	Jr. Manuel Arevalo Orbe 648	998791816	Administrador	admin	Editar Eliminar
Jose Garcia	Jr. Leguia 342		Operador	jose	Editar Eliminar

En este módulo se administra los usuarios que tendrá el sistema. Para registrar un nuevo usuario se ingresan los datos en el siguiente formulario:

- **Perfiles**



En este módulo se administra los perfiles que tendrá el sistema. Para registrar un nuevo perfil se ingresan los datos en el siguiente formulario:



- **Accesos**



En este módulo se gestiona los accesos de los perfiles que se crearon en el sistema para ellos selecciona que perfil desea gestionar y luego los módulos que tendrá el perfil seleccionado.

Anexo 6: Acta de verificación de resultados obtenidos por el sistema informático basado en el modelo del algoritmo genético.

**ACTA DE VERIFICACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS POR EL SISTEMA
INFORMÁTICO BASADO EN EL MODELO DEL ALGORITMO GENÉTICO**

La Sra. **Ximena Alejandra Vargas Grández**, Ing. Civil registrado con N° CID: 203767 que suscribe verifica:

Que el Sr. **Israel Alejandro Flores García**, Bach. de la facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, ha desarrollado un sistema informático que permite calcular el diámetro de las tuberías de redes de distribución de agua teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Velocidad del agua en cada tubería.
- Presión del agua en cada tubería.
- Factor de fricción en cada tubería.
- Matrices generadas para el proceso del método gradiente.
- Costo de las tuberías de la red de distribución.

Y ha verificado que los resultados obtenidos son correctos y ayuda a hacer un seguimiento adecuado de todo el proceso que se realiza en el análisis hidráulico de redes de distribución de agua.

Se expide la presente acta a solicitud del interesado, para fines que estime conveniente:

Tarapoto, 14 de diciembre del 2018



Ing. Ximena Alejandra Vargas Grández

N° CID: 203767