**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

****

**ALGORITMO GENÉTICO MULTIOBJETIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE AYUDA HUMANITARIA EN CASO DE DESASTRES NATURALES EN EL PERÚ**

**Tesis Para optar por el Título de Ingeniero Informático que presenta el bachiller:**

**Robert Alonso Aduviri Choque**

**20112449**

**Asesor: Ing. Rony Cueva Moscoso**

Lima, Marzo de 2018

Resumen

Tema FCI

# Tabla de Contenido

[Resumen 2](#_Toc491787314)

[Tema FCI 3](#_Toc491787315)

[Tabla de Contenido 4](#_Toc491787316)

[Índice de Figuras 5](#_Toc491787317)

[Índice de Tablas 5](#_Toc491787318)

[Capítulo 1. Generalidades 6](#_Toc491787319)

[1.1 Problemática 6](#_Toc491787320)

[1.2 Objetivos 6](#_Toc491787321)

[1.2.1 Objetivo general 6](#_Toc491787322)

[1.2.2 Objetivos específicos 6](#_Toc491787323)

[1.2.3 Resultados esperados 6](#_Toc491787324)

[1.3 Herramientas y Métodos 6](#_Toc491787325)

[1.4 Alcance y limitaciones 7](#_Toc491787326)

[1.5 Viabilidad 7](#_Toc491787327)

[1.5.1 Viabilidad Técnica 7](#_Toc491787328)

[1.5.2 Viabilidad Temporal 7](#_Toc491787329)

[1.5.3 Viabilidad Económica 7](#_Toc491787330)

[1.6 Alcance, Limitaciones y Riesgos 7](#_Toc491787331)

[Capítulo 2. Marco Legal/Regulatorio/Conceptual/otros 8](#_Toc491787332)

[Capítulo 3. Estado del Arte 9](#_Toc491787333)

[3.1 Revisión y discusión 9](#_Toc491787334)

[3.2 Conclusiones 9](#_Toc491787335)

[Capítulo 4. Presentación de los resultados esperados 10](#_Toc491787336)

[Capítulo 5. Conclusiones y trabajos futuros 11](#_Toc491787337)

[5.1 Conclusiones 11](#_Toc491787338)

[5.2 Trabajos futuros 11](#_Toc491787339)

[Referencias 12](#_Toc491787340)

[Anexos a](#_Toc491787341)

Índice de Figuras

Figura 1. Representación simplificada del "Continuo de la Virtualidad". Adaptado de (Aguilar & Zapata, 2016). 8

Índice de Tablas

Tabla 1. Ejemplo de tabla [Aquí va la referencia si la tabla no es de elaboración propia. 7

# Generalidades

## Problemática

A lo largo de los años, la humanidad se ha visto continuamente afectada por la presencia de desastres naturales, como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, tornados e inundaciones. Dependiendo de la ubicación geográfica, las diversas civilizaciones en el mundo han afrontado determinados tipos de desastres naturales con mayor o menor frecuencia. Mientras que EEUU es continuamente afectada por huracanes, China es afectada por inundaciones y Filipinas es afectada por ciclones. En el caso del Perú, debido a su ubicación en el borde occidental de Sudamérica, la cual es una de las regiones de mayor actividad tectónica en el mundo, conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico, es constantemente afectada por terremotos, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas e inundaciones.

Dado que los desastres naturales se caracterizan por su inevitabilidad y por lo difícil de su predicción, se requiere de una ardua preparación para enfrentarlos con la mínima cantidad de daños materiales y principalmente humanos. Dentro de los últimos terremotos acontecidos en Perú, el último terremoto de gran magnitud aconteció en Pisco el 15 de agosto del 2007, con una intensidad de 7.9 grados en la escala de Richter contando con 1294 heridos, 596 víctimas mortales y más de 90,000 casas destruidas.

Dicho desastre permitió evidenciar la calidad de planificación y respuesta, dirigida por el INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil). Lamentablemente, esta se caracterizó por una desafortunada respuesta caótica y falta de coordinación e información, así como la falta de consideración de los distintos tipos de demanda de cada zona, tal como queda expresado en el documento de lecciones aprendidas del INDECI:

*“Las necesidades diferenciadas entre los damnificados de la costa y de la sierra resultaron evidentes durante la fase de emergencia: mientras los primeros esperaban ayuda en alimentos, abrigo y techo, los segundos solicitaban principalmente herramientas manuales para reconstruir sus canales de regadío colapsado.”*

Asimismo, resultan lamentables las consecuencias adicionales que se pueden generar debido a un mal manejo de la logística por parte del gobierno. Como ejemplo claro, cuando la población pasa tiempo sin conseguir recibir la ayuda que necesita, la tendencia a que se realicen actos vandálicos se ve incrementada, hechos que efectivamente fueron presenciados durante el citado terremoto de Pisco:

*“La gente se queja de que no está llegando la ayuda, por eso no hay seguridad. Lo contado por el director de un hospital de Chincha parece confirmar su dicho. Según el médico Jorge Parrera, el centro de salud que dirige fue atacado por varios civiles que pensaban que ahí se estaban guardando los alimentos que debían ser distribuidos.”*

Considerando que se movilizaron más de 14,000 toneladas de ayuda humanitaria, es claro que un planeamiento logístico efectivo y rápido es crucial para el bienestar de la población peruana en casos de desastres. La pregunta es ¿Cómo distribuir la ayuda humanitaria de forma eficiente?

Se sabe que el planeamiento logístico involucra la solución a diversos tipos de problemas de optimización, incluyendo problemas de ubicación de almacenes, diseño de la cadena de suministro, distribución a gran escala, distribución de última milla, evacuación y planeamiento de inventario. En el caso de logística de ayuda humanitaria, se pueden distinguir como características principales el volumen de bienes a transportar ubicados en almacenes que normalmente se encuentran alejados de la zona de desastre, la urgencia de la distribución y la priorización del tipo de bienes que requiera cada zona afectada. Por tales motivos, uno de los problemas más críticos a resolver después de acontecido el desastre es la planificación rápida de distribución a gran escala.

La planificación de distribución presenta un escenario donde existen centros de distribución o almacenes, los cuales contienen bienes que serán movilizados por medios de transporte hacia puntos de demanda, considerando la existencia de puntos intermedios o de transbordo. El total de estas ubicaciones forman la red de distribución. Ahora, una consideración importante para la distribución es que los vehículos están sujetos a restricciones de peso y volumen, los cuales limitan la cantidad de bienes que puedan ser transportados y hacen que la decisión de asignación de bienes a vehículos no sea trivial. Es más, en escenarios de distribución a gran escala, la distribución suele realizarse en horizonte de tiempo de días, lo cual añade una dimensión de complejidad al problema de crear un plan de distribución óptimo. Finalmente, el concepto de optimalidad de un plan de distribución puede estar dado por diversos factores, incluyendo el costo de transporte, la atención de la demanda y los costos de inventario sin utilizar.

Para poder abordar un problema de tal magnitud, durante las últimas décadas se ha visto un incremento en la utilización de métodos computacionales para la resolución de problemas de optimización. En particular, en Norteamérica y Europa, se ha mostrado que el uso de procedimientos automatizados mediante el uso de modelos de optimización para los procesos de planificación de distribución produce ahorros sustanciales (generalmente entre el 5% y 20%) en los costos totales de transporte.

Sin embargo, la aplicación de dichos métodos ha sido aplicada principalmente en la industria, gracias a la gran competitividad presente que impulsa el crecimiento de áreas de investigación y desarrollo par mantener un factor diferencial, mientras que el dominio de las cadenas de suministro de ayuda humanitaria no presenta el mismo nivel de desarrollo. A pesar de ello, en los últimos años se ha podido ver un crecimiento en la investigación relacionada a modelos de optimización en logística de emergencia resaltando principalmente modelos de optimización de ubicación de almacenes y enrutamiento de vehículos.

Al considerar el uso de métodos computacionales para resolver problemas de optimización, un factor importante para evaluar la viabilidad de su uso es el tiempo de ejecución que demande su procesamiento ante instancias que representen escenarios reales del problema. Esto dificulta el uso de métodos exactos, por lo cual se hace necesario utilizar técnicas que requieran un menor tiempo de procesamiento a costa de tener soluciones con valores aproximados al óptimo.

En particular, uno de los métodos aproximados que ha obtenido mejores resultados es el uso de metaheurísticas o métodos de optimización estocástica, los cuales forman parte del estado del arte en resolución de problemas de optimización dada su capacidad de evitar óptimos locales, lo cual sucede frecuentemente con el uso de heurísticas. Dada la cantidad de variables en la formulación del problema, así como los múltiples objetivos de optimización, una metaheurística que se presenta como alternativa ideal son los algoritmos evolutivos o genéticos, debido a que ofrecen la robustez necesaria para afrontar este tipo de problemas.

De esta manera, el presente proyecto de fin de carrera busca desarrollar un algoritmo bioinspirado, como es el algoritmo genético, con el fin de servir como alternativa para abordar el problema de optimización de planificación logística en caso de desastres en el Perú y como propuesta para aliviar las carencias planteadas.

## Objetivos

### Objetivo general

Implementar un algoritmo genético con múltiples objetivos para optimizar la distribución de ayuda humanitaria en caso de desastres en el Perú.

### Objetivos específicos

1. Definir las estructuras que soporten los datos y el algoritmo para la resolución del problema de distribución de ayuda humanitaria.
2. Definir la formulación de la función objetivo, restricciones, variables de decisión y parámetros del problema de distribución de ayuda humanitaria.
3. Definir y diseñar la función de aptitud y operadores del algoritmo genético.
4. Implementar el algoritmo genético para la resolución del problema de distribución de ayuda humanitaria.
5. Diseñar e implementar un programa lineal a partir de la formulación del problema de optimización.
6. Diseñar y desarrollar la experimentación numérica para comparar el desempeño del algoritmo genético con el método de programación lineal.
7. Desarrollar la interfaz de usuario para la ejecución y visualización de los algoritmos de optimización.

### Resultados esperados

1. Estructuras de datos del algoritmo genético propuesto (O1).
2. Función objetivo, restricciones, variables de decisión y parámetros definidos para el problema de distribución de ayuda humanitaria (O2).
3. Pseudocódigo del algoritmo genético conteniendo la función evaluación de aptitud y los operadores (O3).
4. Algoritmo genético implementado y contenido en un componente reutilizable (O4).
5. Programa lineal formulado e implementado en un lenguaje de modelado para su optimización mediante un solver (O5).
6. Componente de software que contenga el programa lineal y ejecute el solver (O5)
7. Desarrollo de un generador de datos de prueba para los algoritmos de optimización (O6).
8. Análisis de datos de un caso real para generar un caso de prueba basada en un escenario real (O6).
9. Instancia de prueba basada en un escenario real conteniendo información sobre la red distribución, así como la oferta, demanda y tipos de bienes y vehículos a transportar (O6).
10. Instancias de prueba de diferente tamaño generadas aleatoriamente (O6).
11. Informe de evaluación y comparación de tiempo de ejecución y optimalidad de los algoritmos de optimización mediante experimentación numérica (O6).
12. Interfaz de usuario implementada y conteniendo los módulos del algoritmo genético y el programa lineal (O7).

### Mapeo de objetivos, resultados y verificación

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Objetivo (O1):** Definir las estructuras que soporten los datos y el algoritmo para la resolución del problema de distribución de ayuda humanitaria | | |
| **Resultado (R1)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Estructuras de datos definidas | Documento | * Definición de estructuras de datos en el documento |
| **Objetivo (O2):** Definir la formulación de la función objetivo, restricciones, variables de decisión y parámetros del problema de distribución de ayuda humanitaria | | |
| **Resultado (R2)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Función objetivo, restricciones, variables de decisión y parámetros definidos | Documento | * Definición de función objetivo, restricciones, variables de decisión y parámetros en el documento |
| **Objetivo (O3):** Definir y diseñar la función de aptitud y operadores del algoritmo genético | | |
| **Resultado (R3)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Pseudocódigo del algoritmo genético conteniendo la función evaluación de aptitud y los operadores | Documento | * Definición del pseudocódigo de la función de evaluación de aptitud y los operadores del algoritmo genético en el documento |
| **Objetivo (O4):** Implementar el algoritmo genético para la resolución del problema de distribución de ayuda humanitaria | | |
| **Resultado (R4)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Algoritmo genético implementado y contenido en un componente reutilizable | Software | * Código del algoritmo genético * Interfaz en consola para ejecutar el algoritmo genético |
| **Objetivo (O5):** Diseñar e implementar un programa lineal a partir de la formulación del problema de optimización | | |
| **Resultado (R5)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Programa lineal formulado e implementado en un lenguaje de modelado para su optimización mediante un solver | Software | * Programa lineal formulado e implementado en un lenguaje de modelado para su optimización mediante un solver |
| **Resultado (R6)** | **Meta física** | * **Medio de verificación** |
| Componente de software que contenga el programa lineal y ejecute el solver | Software | * Código del componente * Interfaz en consola para ejecutar el solver |
| **Objetivo (O6):** Diseñar y desarrollar la experimentación numérica para comparar el desempeño del algoritmo genético con el método de programación lineal | | |
| **Resultado (R7)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Análisis y desarrollo de un generador de datos de prueba para los algoritmos de optimización | Software | * Código del generador de datos * Interfaz en consola para generar datos |
| **Resultado (R8)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Análisis de datos de un caso real para generar un caso de prueba basada en un escenario real | Documento | * Análisis de los datos utilizados de un caso real describiendo dimensiones del problema de un escenario real |
| **Resultado (R9)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Instancia de prueba basada en un escenario real conteniendo información sobre la red distribución, así como la oferta, demanda y tipos de bienes y vehículos a transportar | Dataset | * Archivo con datos describiendo los datos de entrada de un escenario real del problema de optimización |
| **Resultado (R10)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Instancias de prueba de diferente tamaño generadas aleatoriamente | Dataset | * Archivo con datos describiendo datos de entrada de diferente tamaño para los algoritmos de optimización |
| **Resultado (R11)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Informe de evaluación y comparación de tiempo de ejecución y optimalidad de los algoritmos de optimización mediante experimentación numérica | Documento | * Resultados de evaluación y comparación de tiempo de ejecución y optimalidad de los algoritmos de optimización |
| **Objetivo (O7):** Desarrollar la interfaz de usuario para la ejecución y visualización de los algoritmos de optimización | | |
| **Resultado (R12)** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Interfaz de usuario implementada y conteniendo los módulos del algoritmo genético y el programa lineal | Software | * Código de la interfaz de usuario * Interfaz gráfica para ejecutar los algoritmos de optimización |

## Herramientas y Métodos

Para cada resultado debe existir al menos una herramienta o método para obtenerlo. Puede usar tablas para mostrar: resultado, herramienta o método y forma de validación.

Debe describir a modo resumido las herramientas o métodos y cómo los aplicara en su tesis, esta información debe venir acompañada de referencias donde se encuentra más detalles.

## Viabilidad

### Viabilidad Técnica

### Viabilidad Temporal

### Viabilidad Económica

Cuando utilice una tabla, deberá ser explicada en el texto o utilizada para sustentar alguna idea en el texto y el formato debe ser el mostrado en la Tabla 1. El título de la tabla debe ir arriba y debe procurar usar referencias cruzadas y títulos de tablas. Los sombreados de las celdas pueden ser distintos de acuerdo a las necesidades del documento.

Tabla 1. Ejemplo de tabla. Aquí va la referencia si la tabla no es de elaboración propia.

| **Encabezado** | **Encabezado** | **Encabezado** |
| --- | --- | --- |
| Texto |  |  |
| Texto |  |  |
|  |  |  |

## Alcance, Limitaciones y Riesgos

# Marco Legal/Regulatorio/Conceptual/otros

Todas figuras usadas deben estar explicadas o referenciadas en el texto. Al igual que las tablas debe procurar el uso de referencias cruzadas y títulos de figuras/ilustraciones como se muestra en la Figura 1. El título de las figuras va debajo de la figura y debe acompañarse de la referencia si no es de elaboración propia.

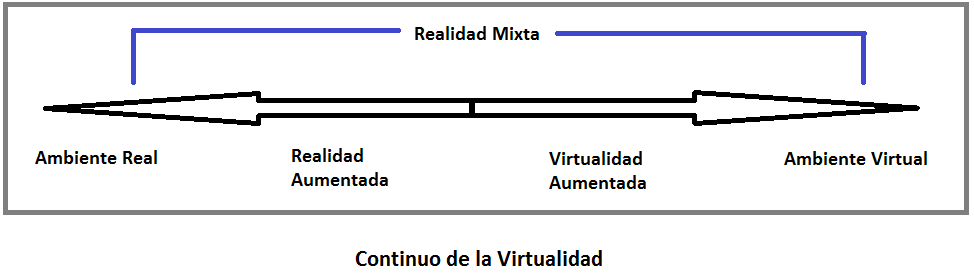


Figura 1. Representación simplificada del "Continuo de la Virtualidad". Adaptado de (Aguilar & Zapata, 2016).

# Estado del Arte

Debe explicarse el método seguido.

## Revisión y discusión

## Conclusiones

Aquí debe resumirse lo encontrado a modo de conclusiones que permita sostener la propuesta del proyecto.

# Presentación de los resultados esperados

Del capítulo 4 hasta el N deben ir los resultados. Introducción, enunciar el resultado, relacionarlo con el objetivo, presentar modo de validar su construcción**.**

# Conclusiones y trabajos futuros

## Conclusiones

## Trabajos futuros

Referencias

Aguilar, M., & Zapata, C. (2016). Integrating UCD and an Agile Methodology in the Development of a Mobile Catalog of Plants. En M. Soares, C. Falcão, & T. Z. Ahram (Eds.), *Advances in Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA* (pp. 75–87). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41685-4\_8

Krusche, S., & Bruegge, B. (2014). User feedback in mobile development. En *MobileDeLi 2014 - Proceedings of the 2nd International Workshop on Mobile Development Lifecycle, Part of SPLASH 2014* (pp. 25–26). Recuperado a partir de http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84921489617&partnerID=40&md5=0198a5715bec4bf6608454ce82f098d2

Anexos

Los anexos deben ser referenciados desde el documento. Por ejemplo debe existir un párrafo donde se diga que determinada información puede ser vista en el Anexo X

Los anexos pueden numerarse con letras o número de acuerdo a su preferencia.