

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO  
BENEDICTO XI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICO  
ELÉCTRICA**



**TECNOLOGÍA DE ALGORITMO COMPARATIVO EN SEMÁFOROS DE UN  
CRUCE VEHICULAR SOBRE EL TIEMPO DE DESPEJE EN LA CIUDAD DE  
TRUJILLO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN  
INGENIERÍA MECÁNICO ELÉCTRICA**

**AUTOR**

Br. Parra Castañeda, Kevin Jesús Gabriel

**ASESOR**

Mg. Ing. Saldaña Milla, Fernando

<https://orcid.org/0000-0002-7274-6974>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Procesos y Tecnología

**TRUJILLO – PERÚ**

2023

## CONFORMIDAD DEL ASESOR

Señor(a) Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Yo Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla con DNI N° 18135414, como asesor del trabajo de investigación **“TECNOLOGÍA DE ALGORITMO COMPARATIVO EN SEMÁFOROS DE UN CRUCE VEHICULAR SOBRE EL TIEMPO DE DESPEJE EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”** desarrollado por el bachiller Kevin Jesús Gabriel Parra Castañeda con DNI N° 70615774 respectivamente, egresado del Programa Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación de este informe ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



---

Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla

DNI N° 18135414

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo Fundador y Gran Canciller de la Universidad Católica  
Trujillo Benedicto XVI

**Mons. Dr. Luis Miranda Díaz**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

**Dra. Mariana Silva Balarezo**

Vicerrectora Académica

**Dra. Ena Cecilia Obando Peralta**

Vicerrectora de Investigación

**Mg. Breitner Díaz Rodríguez**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri**

Gerente de Desarrollo Institucional

**Dra. Teresa Reátegui Marín**

Secretaria General

## **DEDICATORIA**

A mi madre, quien desde pequeño fue mi inspiración para superarme y mi guía para ser una mejor persona. Su apoyo y búsqueda por mi propia superación han sido la fuerza impulsora de este éxito. Estaré eternamente agradecido por su amor y guía.

A mi familia, que siempre ha estado ahí para mí en las buenas y en las malas. Su amor, apoyo y aliento han sido la base de mi vida. Tengo la suerte de tenerlos a todos en la vida.

A mis amigos, quienes a pesar de estar en la misma evocada situación de investigación que yo han sido siempre un alivio en los momentos más inciertos y una constante fuente de inspiración y motivación. Agradezco su amistad y apoyo.

En el inconmensurable cosmos de la vida, la incertidumbre es nuestra única certeza. Aunque la ciencia y sus inciertos pueden parecer abrumadores, es en esta incertidumbre donde encontramos nuestra capacidad para aprender, crecer y trascender.

Así como las estrellas brillan más en la oscuridad del espacio, también nosotros brillamos más en la oscuridad de la incertidumbre.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Metodología.....	11
III.	Resultados .....	33
IV.	Discusión.....	40
V.	Conclusiones.....	44
VI.	Recomendaciones.....	45
VII.	Referencias bibliográficas .....	46
	Anexos:.....	54
	Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos .....	54
	Anexo 2: Matriz de consistencia .....	58
	Anexo 3: Cuadro de operacionalización de variables .....	59
	Anexo 4: Fichas técnicas de los vehículos .....	60
	Anexo 5: Capturas de pantalla de las simulaciones del algoritmo comparativo .....	73
	Anexo 6: Capturas de pantalla de las simulaciones del algoritmo de tiempos fijos. ....	88
	Anexo 7: Algoritmo comparativo en LabVIEW .....	103
	Anexo 8: Algoritmo de tiempos fijos en LabVIEW.....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Guía de observación de cruces vehiculares.....	13
Tabla 2: Guía de observación para cantidad de vehículos y tiempo en verde.....	14
Tabla 3: Modelos de autos pequeños y medianos más vendidos en Perú durante el 2021.....	19
Tabla 4: Modelos para transporte público mediano y grande más comunes en Trujillo.....	19
Tabla 5: Modelos vehiculares pequeños.....	20
Tabla 6: Modelos vehiculares medianos .....	20
Tabla 7: Modelos vehiculares grandes .....	21
Tabla 8: Resumen de tamaños vehiculares para el estudio .....	21
Tabla 9: Cálculo de las distancias establecidas para sensores.....	22
Tabla 10: Explicación de la activación de sensores .....	24
Tabla 11: Tabla de frecuencias de la guía de observación de cantidades vehiculares.....	33
Tabla 12: Distancias establecidas para los sensores .....	36
Tabla 13: Resultado de las simulaciones .....	37
Tabla 14: Valores de comparación de la simulación.....	38
Tabla 15: Guía de observación 1: Sobre cantidades vehiculares .....	54
Tabla 16: Guía de observación 2: Sobre tiempo en verde para cantidades vehiculares.....	56
Tabla 17: Matriz de consistencia .....	58
Tabla 18: Cuadro de operacionalización de variables.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Cruce de Av. Jesús de Nazareth y Av. Mansiche .....	14
Figura 2:	Cruce Av. Mansiche y Av. Metropolitana II .....	15
Figura 3:	Cruce Av. Mansiche y Av. América Oeste .....	15
Figura 4:	Cruce Av. Manuel Vera Enríquez y Av. España .....	16
Figura 5:	Cruce Av. Perú y Avenida España .....	16
Figura 6:	Fórmula cuadrática según Excel .....	28
Figura 7:	Gráfico de barras de la guía de observación de cantidad vehiculares .....	33
Figura 8:	Espectro completo de cantidades vehiculares .....	34
Figura 9:	Gráfico del intervalo del cuartil de 25% .....	34
Figura 10:	Gráfico del intervalo del cuartil de 50% .....	35
Figura 11:	Gráfico del intervalo del cuartil de 75% .....	35
Figura 12:	Gráfico del intervalo del cuartil de 100% .....	35
Figura 13:	Ficha técnica Kia Cerato .....	60
Figura 14:	Ficha técnica Hyundai Grand i10 .....	61
Figura 15:	Ficha técnica Chevrolet N300 .....	62
Figura 16:	Ficha técnica Toyota RAV4 .....	63
Figura 17:	Ficha técnica Kia Picanto .....	64
Figura 18:	Ficha técnica Hyundai Accent .....	65
Figura 19:	Ficha técnica Toyota Etios .....	66
Figura 20:	Ficha técnica Toyota Yaris .....	67
Figura 21:	Ficha técnica Toyota Hilux .....	67
Figura 22:	Ficha técnica Toyota Hiance .....	68
Figura 23:	Ficha técnica Volksbus 9.160 OD .....	69
Figura 24:	Ficha técnica Volksbus 15.190 OD .....	70
Figura 25:	Ficha técnica Mercedes Benz OC 500 LE .....	71
Figura 26:	Ficha técnica Mercedes Benz OC 500 RF .....	72
Figura 27:	Simulación de algoritmo comparativo del ítem 1 .....	73
Figura 28:	Simulación de algoritmo comparativo del ítem 2 .....	73
Figura 29:	Simulación de algoritmo comparativo del ítem 3 .....	74
Figura 30:	Simulación de algoritmo comparativo del ítem 4 .....	74
Figura 31:	Simulación de algoritmo comparativo del ítem 5 .....	75
Figura 32:	Simulación de algoritmo comparativo del ítem 6 .....	75

Figura 33: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 7.....	76
Figura 34: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 8.....	76
Figura 35: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 9.....	77
Figura 36: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 10.....	77
Figura 37: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 11.....	78
Figura 38: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 12.....	78
Figura 39: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 13.....	79
Figura 40: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 14.....	79
Figura 41: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 15.....	80
Figura 42: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 16.....	80
Figura 43: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 17.....	81
Figura 44: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 18.....	81
Figura 45: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 19.....	82
Figura 46: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 20.....	82
Figura 47: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 21.....	83
Figura 48: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 22.....	83
Figura 49: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 23.....	84
Figura 50: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 24.....	84
Figura 51: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 25.....	85
Figura 52: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 26.....	85
Figura 53: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 27.....	86
Figura 54: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 28.....	86
Figura 55: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 29.....	87
Figura 56: Simulación de algoritmo comparativo del ítem 30.....	87
Figura 57: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 1 .....	88
Figura 58: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 2 .....	88
Figura 59: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 3 .....	89
Figura 60: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 4 .....	89
Figura 61: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 5 .....	90
Figura 62: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 6 .....	90
Figura 63: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 7 .....	91
Figura 64: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 8 .....	91
Figura 65: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 9 .....	92

Figura 66: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 10 .....	92
Figura 67: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 11 .....	93
Figura 68: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 12 .....	93
Figura 69: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 13 .....	94
Figura 70: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 14 .....	94
Figura 71: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 15 .....	95
Figura 72: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 16 .....	95
Figura 73: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 17 .....	96
Figura 74: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 18 .....	96
Figura 75: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 19 .....	97
Figura 76: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 20 .....	97
Figura 77: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 21 .....	98
Figura 78: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 22 .....	98
Figura 79: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 23 .....	99
Figura 80: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 24 .....	99
Figura 81: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 25 .....	100
Figura 82: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 26 .....	100
Figura 83: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 27 .....	101
Figura 84: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 28 .....	101
Figura 85: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 29 .....	102
Figura 86: Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 30 .....	102

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula de los cuartiles.....	8
Ecuación 2: Ecuación de Bhaskara.....	2
Ecuación 3: Posición del sensor .....	22
Ecuación 4: Cantidad de casos posibles .....	23
Ecuación 5: Promedio diferencia.....	25
Ecuación 6: Importancia.....	25
Ecuación 7: Cantidad operacional total .....	26
Ecuación 8: Importancia total.....	26
Ecuación 9: Cantidad de vehículos que deben pasar .....	26
Ecuación 10: Ecuación cuadrática.....	27
Ecuación 11: Solución de la ecuación cuadrática según Bhaskara .....	28
Ecuación 12: Tiempo necesario en función de la cantidad de vehículos .....	29
Ecuación 13: Flujo vehicular.....	31
Ecuación 14: Porcentaje de tiempo individual .....	31
Ecuación 15: Porcentaje de tiempo general.....	31

## **RESUMEN**

El impacto de un algoritmo comparativo en un cruce vehicular de la ciudad de Trujillo se realizó durante el año 2023 y propone utilizar un algoritmo desarrollado en base a la observación del tránsito vehicular y procesamiento de estos datos por medio de medidas estadísticas y principios matemáticos básicos, para lograr reducir el tiempo de despeje que tendrá un cruce simulado por el software LabView con respecto al actual algoritmo de tiempos fijos. Se logró reducir hasta un 96% como mínimo y hasta un 24% como máximo de acuerdo a las simulaciones en el software.

Palabras clave: Algoritmo comparativo, Cruce vehicular, LabView, Simulación, Semáforos inteligentes.

## **ABSTRACT**

The impact of a comparative algorithm on a vehicular intersection in the city of Trujillo was carried out during the year 2023 and proposes to use an algorithm developed based on the observation of vehicular traffic and processing of this data through statistical measures and basic mathematical principles to reduce the clearance time that a crossing simulated by the LabView software with respect to the current fixed time algorithm. It was possible to reduce up to a minimum of 96% and up to a maximum of 24% according to the simulations in the software.

Keywords: Comparative algorithm, Vehicular intersection, LabView, Simulation, Smart traffic lights.

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, la programación de algoritmos para solucionar problemas y su uso dentro de la lógica de semáforos inteligentes se ha demostrado e investigado ampliamente.

Riofrío (2018), en la ciudad de Guayaquil, presentó un sistema adaptativo de semáforos simulado dirigido a los tiempos en semáforos de un cruce mediante el procesamiento de imágenes y transformaciones sistemáticas por cámaras.

Pinto de Oliveira et al. (2021) en vista del creciente número de vehículos privados y públicos buscaron materializar el concepto de ciudad inteligente al desarrollar un sistema de control de semáforos, para ello analizaron los tipos de intersecciones urbanas más concurridas y lograron configurar un cronograma con estaciones de operación para cada semáforo en los cruces.

Almuraykhi y Akhlaq (2019) en base a los vehículos de los bombeos y las ambulancias desarrollaron una aplicación de android para permitir el cruce de forma segura y sin demora, esta aplicación funciona por medio del protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) y Google Maps para coordinar la señal de semáforos y hacer que los vehículos visualicen por la app la ruta más corta y el estado de los semáforos.

Albatish y Abu-Naser (2019) consideraron la congestión vehicular como un problema caracterizado por velocidades vehiculares lentas, largos tiempos de viaje y grandes colas de vehículos; por lo que aprovecharon campos de la inteligencia artificial para generar el sistema Traffic Lights Expert System que utiliza reglas de conocimiento y razonamiento para asignar tiempos a los ciclos dinámicos de un semáforo.

Tang et al (2019) en consecuencia al crecimiento del parque automotor plantearon el uso de los semáforos inteligentes como una tecnología innovadora en el transporte inteligente, sin embargo, el enfoque centralizado de estos códigos mantenía una latencia de respuesta muy largo; por lo que proponen un enfoque no centralizado y una arquitectura computacional en la nube para luego simular los resultados.

Frank et al (2019) debido al aumento del número de vehículos en un corto lapso de tiempo en Mascate del Sultanato de Omán, proponen desarrollar un sistema de control de

tráfico basado en la medición de la densidad real del tráfico utilizando técnicas de procesamiento de imágenes y corroborado con una cámara de vídeo.

Dhingra et al (2021) consideran al procesamiento en la nube como una solución al tráfico, sin embargo, debido a la sobrecarga que se genera al analizar en tiempo real, propusieron un sistema de monitoreo de tráfico inteligente para gestionar los semáforos e incluso detectar incidentes de tráfico; logrando una eficiencia en la red en términos de reducir la latencia y aumentar el ancho de banda.

Delgado (2022) propone usar el procesamiento digital de imágenes y el control del tiempo de los semáforos, para afectar al congestionamiento vehicular, de acuerdo a la cantidad de vehículos existentes que se obtuvieron mediante sensores de proximidad en el cantón Montecristi; logrando reducir el tiempo de espera en esa vía.

Álava y Andrade (2022) realizaron un estudio de factibilidad para un sistema inteligente de control de tránsito, analizando los aforos vehiculares y peatonales, y diagnosticando también las condiciones de los vehículos para poder reducir los problemas de tráfico; finalmente se obtuvieron los resultados esperados mediante encuestas a los ciudadanos y una entrevista al encargado de la Comisión de Tránsito de Manabí.

García y Sarrazola (2018) desarrollaron un semáforo inteligente con el objetivo de controlar el flujo vehicular mediante técnicas de visión artificial en un software, logrando reconocimiento, seguimiento automático y conteo de vehículos; mediante el lenguaje Python.

Valdés (2019) presentó resultados de una teoría vinculada al problema del sensado comprimido, proponiendo una nueva metodología para actualizar los pesos de un algoritmo basada en la relajación lagrangeana, que consiste en considerar los pesos como multiplicadores de Lagrange, de esta forma logra su constante actualización.

Bouanaka et al (2020) buscaron establecer un estado de arte sobre la tecnología Internet of Things [IoT] para identificar nuevas características y establecerlas dentro de un sistema de semáforos inteligentes, contribuyendo así también con la extensión del dominio sobre la tecnología para que así pueda ser adaptada.

De la misma manera, dentro de una delimitación nacional hasta el año 2023 existen algunos investigadores que han aplicado la misma intención de mejorar el tránsito en sus ciudades mediante semáforos inteligentes, simulaciones y algoritmos.

Aguilar y Camargo (2021) presentaron un modelo predictivo para clientes bancarios y su deserción de microcrédito híbrido, en donde se combinan tres técnicas algorítmicas para proporcionar una mejor precisión, resultando en datos experimentales que presentan 97.38%.

Villanueva (2021) realizó un sistema inteligente basado en aprendizaje profundo usando redes neuronales, obteniendo como resultado una probabilidad de desempeño de 92.85% precisión, 71.50% sensibilidad, 94.89% especificidad.

Aduviri (2019) propuso generar un plan de distribución de ayuda humanitaria a gran escala usando como base un modelo de programación no lineal entero mixto, al tratarse de un algoritmo genético, este propondrá soluciones más rápidamente para explorar múltiples objetivos.

Valero (2018) combina lógica difusa y algoritmos genéticos para desarrollar un algoritmo híbrido, el cual dentro de una intersección vial reduce las demoras medidas extrayendo datos de cinco cámaras instaladas en el entorno, desarrollando un modelo en el software Vissim 10.0 y adaptando un algoritmo a las condiciones para finalmente obtener una reducción del 50% en la demora del tráfico.

Santiesteban y Rojas (2019) implementan una gestión del tráfico en tiempo real mediante semáforos inteligentes, para lo cuál se estudiaron la congestión vehicular en una intersección y sus características, resultando un correcto conteo de vehículos y personas en un tiempo promedio de 700ms.

Garibay y Garibay (2021) debido a la gran cantidad de accidentes que se originan en las curvas del Serpetín de Pasamayo propusieron un sistema de señalización inteligente adaptado a partir de sensores de presencia, aportando la posibilidad de tomar medidas preventivas y siendo aceptado mediante encuestas de un 85%.

Y en una delimitación local, Esquivel y Rodriguez (2019) realizaron un trabajo de investigación sobre el estudio del tráfico vehicular en la ciudad de Trujillo por ciclos de

semaforización no adaptados, por lo que se realizaron análisis y establecieron nuevos tiempos de acuerdo al horario, observando el correcto funcionamiento de la intersección.

La **problemática** por la que nacen estas investigación es debido a que el tránsito en las ciudades ha generado un problema complicado de resolver, ya que estas se desarrollaron desde sus inicios sin contemplar un desarrollo económico y social tan grande (Gries y Grundmann, 2015), es decir, fueron desarrolladas y organizadas tomando como referencia los medios de transporte de sus épocas como carrozas, caballos y muy rara vez algún vehículo.

Por lo que con la cantidad vehicular actual es normal la congestión constante de las pistas, este es un problema que debe ser resuelto, ya que según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones el parque automotor ha aumentado un 25% lo que a largo plazo provocará gastos enormes.

Respecto a la **importancia** del informe es necesario mencionar que en ciudades de Argentina, Corea, España y Dinamarca, con casos similares de crecimiento se implementó la semaforización inteligente después de un estudio de viabilidad y funcionalidad (Carpio, 2017). En Argentina según la Universidad Nacional de San Juan (2009) el prototipo instalado en la ciudad de Rawson detecta el flujo vehicular a través de sensores colocados debajo de las calzadas.

En Corea según Hernández (2021) se estuvieron probando postes inteligentes que pueden ser semáforos y cargadores de celular, al mismo tiempo que, en España según Martínez (2022) se están aplicando pasos de cebra y semáforos inteligentes en Madrid, y en Dinamarca según fiwoo (s.f.) se desarrolló con éxito una red de sensores IoT, para análisis de calidad de aire y tráfico.

Según Wilson Aranda (2022) aumentaron los accidentes de tránsito en un 36% entre el año 2020 y el 2021 en Trujillo, así mismo según Radio Programas del Perú (2014) se han clasificado algunas intersecciones como puntos negros, esto debido a la gran afluencia de vehículos y, por consiguiente, accidentes de tránsito.

Sumando a ello, el caos de las pistas al momento de transportarse afecta a todo ciudadano ya que el tiempo en espera aumenta constantemente dentro del tráfico pesado y gracias a esto también se estimula el desarrollo de estrés, ocasionando pérdidas de tiempo y un bajo rendimiento en el sector trabajador de la ciudad.

Hadley y Oyetunji (2022) definen al **marco teórico** como la conexión entre el significado conceptual y el significado empírico que se posee sobre el conocimiento de los procedimientos o terminologías de los campos de estudio; para el desarrollo de la presente investigación necesario conocer los siguientes procesos y definiciones, de los cuales se hace mención desde los conocimientos del año 2023.

La cantidad de vinculación de datos permiten determinar cuánta comparación hay entre los diferentes datos de entrada antes de concluir en la salida, según la RAE (s.f.) vincular proviene del latín tardío *vinculāre* que significa encadenar y se define como atar algo en otra cosa, mientras que según Cambridge Dictionary (s.f.) su definición se usa como un enlace y una conexión entre ideas y personas; de esa forma representan la consolidación de los datos.

La tecnología de algoritmo comparativo en su definición conceptual es un componente de la informática encargado de abstraer, controlar, estructurar, finiquitar y mecanizar los aspectos y condiciones de una meta (Hill, 2016), de forma que es capaz de comparar datos de entrada para controlar datos de salida.

Los datos de entrada han sido obtenidos desde el estudio estadístico de la base de datos de la observación y la salida el tiempo en verde que tendrán los semáforos usando operaciones matemáticas de comparación y ponderación para proponer un traslado de vehículos de acuerdo a las cantidades presentes en cada pista.

Según Kaposi (2020), el lenguaje de programación existe para desarrollar sistemas complejos a través de instrucciones al CPU y su necesidad surge de encontrar soluciones directas; de modo que se trata de un proceso de análisis para luego diseñar e implementar.

En especial, el lenguaje de programación visual que funciona a partir de bloques o celdas capaces de unirse para generar programas al ir ensamblando nodos gráficos que en su conjunto representan instrucciones computacionales, cambiando así el flujo de trabajo y siendo adaptable a múltiples aplicaciones y dominios (Fei-chen et al, 2022), los bloques establecidos con secuencias exactas de funcionamiento usados durante esta investigación serán el While y el Case.

El ciclo While es una estructura que se utiliza para ejecutar una serie de bloques de forma repetitiva hasta que se cumpla una determinada condición (National Instruments, 2022); mientras que el comando Case es una función de selección con casos predeterminados

de verdadero y falso, que se eligen de acuerdo a una condición de entrada (National Instrument, 2023).

Así mismo, los datos estadísticos vehiculares otorgaron una base de datos referente a la situación actual del tránsito en la ciudad de estudio, esta disciplina científica puede obtener, ordenar y analizar un conjunto de datos con el fin de dar explicaciones y predicciones (Roldán, 2017); esto permite utilizar valores como el promedio, los cuartiles y la moda; para generar constantes dentro de la programación.

El promedio es un número que se obtiene al sumar una cantidad de números y dividirlo entre el número de cantidades (Cambridge Dictionary, s.f.) que representa un valor único que resume o representa el significado general de un conjunto de valores (Merriam-Webster, s.f.), también usado de forma recurrente como un cálculo con distintos grados de importancia de números dentro de un conjunto, calculando así un promedio ponderado (Ganti, 2023)

Los cuartiles son términos estadísticos que describen la división de datos en cuatro intervalos en donde se definan igual cantidad de datos (Liberto, 2023) y la moda es un valor de tendencia central que representa el valor que aparece con mayor frecuencia dentro de un conjunto de datos (Hayes, 2023). Por lo que juntando ambos conceptos se puede establecer una moda dentro de los conjuntos delimitados por los cuartiles a los cuales llamaremos moda intercuartiles.

Por otro lado, para definir los valores variables de la programación se hizo uso de la razón matemática, que es un término utilizado para comparar dos o más números e indicar qué tan grande o pequeña es una cantidad en comparación a otra (Cuemath, s.f.).

Todo esto permite dar paso a la ingeniería de Software y de Hardware, los cuales se implementan para el desarrollo de algoritmos matemáticos (Yaxshiboyev, 2022), lo cuál se puede desarrollar más aplicando conceptos de enlaces para redes complejas de inteligencia artificial (Angalov et al, 2021)

Sin embargo, con la aplicación de un algoritmo comparativo ya mejoraría la labor de control de tránsito que cumplen los semáforos, lo que evitaría y/o reduciría el constante aumento de congestión vehicular.

Para hacer esto se hace uso de sensores, que según Sheldon (2022) es un dispositivo que detecta y responde a algún tipo de entrada del entorno físico y lo convierte a una señal

electrónica para ser procesada, respondiendo dentro de un sistema para entregar un voltaje analógico medible y capaz de proporcionar información (Grant, 2020).

Estos sensores funcionan en dos estados: apagado y encendido; por lo que para procesar sus datos es necesario el sistema binario de numeración, este es un código que funciona con ceros y unos a diferencia del sistema decimal usado comúnmente que posee diez dígitos (Editorial Etecé, 2022). Sin embargo, aun así, es capaz de expresar todos los números conocidos por medio de combinaciones de dígitos y escribirse dentro de sistemas físicos.

Dando la posibilidad de interpretar datos del flujo vehicular o tráfico vehicular en tiempo real; este flujo es un fenómeno definido por la velocidad vehicular en relación a la cantidad de vehículos y el tiempo que tarden (Universidad de Idaho, s.f.); y dentro de grandes ciudades representa una gran parte de la vida diaria de las personas.

Los congestionamientos constituyen el problema más visible dentro del tránsito, y ocurre cuando no existe fluidez ya que la cantidad de vehículos es superior a la que puede acoger una calle y los vehículos se ven en la necesidad de reducir su velocidad o detenerse. Y para evitar esto existen los semáforos, que de acuerdo al Oxford Learner's Dictionary (s.f.) son un conjunto de luces que controlan el tráfico en una carretera indicando el proceder de los conductores de acuerdo al color.

El tiempo de despeje vehicular se trata de la diferencia entre dos estados de tránsito vehicular usados en el estudio, según la Real Academia Española RAE (s.f.) despejar significa desocupar un sitio o espacio, dicho así que se trata del tiempo que se tarde en vaciar el tránsito.

Para lograr el correcto desarrollo de todos los cálculos de la investigación fue necesario el uso de fórmulas matemáticas, estas son ecuaciones capaces de calcular el impacto (Lins et. al., 2021) de algunas magnitudes sobre otras, al utilizar un signo de igual para conectar dos o más cantidad describiendo así reglas ya escritas (Splash Learn, s.f.); que permiten luego establecer conclusiones que aportan al desarrollo de la investigación.

Esta ecuación se desarrolla en base a una gran cantidad de datos para determinar los cuartiles presentes en ellos como un cálculo estadístico.

La fórmula o ecuación de los cuartiles se desarrolla en base a una gran cantidad de datos para determinar los cuartiles presentes en ellos como un cálculo estadístico, en donde es

importante mencionar que los datos con el subíndice “i” hacen referencia al intervalo en el que se excede la cantidad determinada por el porcentaje.

$$Q_k = L_i + \left( \frac{\frac{kN}{4} - F_{i-1}}{f_i} \right) A$$

(1)

Donde:

$Q_k$  : Cuartil “k”

$L_i$  : Límite inferior del intervalo “i”

$k$  : Porcentaje del cuartil

$N$  : Número de datos total

$F_{i-1}$  : Frecuencia acumulada del intervalo “i-1”

$f_i$  : Frecuencia del intervalo “i”

$A$  : Amplitud

La ecuación de Bhaskara menciona que los términos a, b y c de una función cuadrática los cuáles son el coeficiente cuadrático, el coeficiente lineal y el término independiente; de manera correspondiente. Pueden reordenarse de la siguiente manera para encontrar los valores que cumplen con las características de la incógnita.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

(2)

Donde:

x	: Incógnita
a	: Coeficiente cuadrático
b	: Coeficiente lineal
c	: Término independiente

La **justificación**, bajo un aspecto social debe ser el comportamiento prosocial o voluntariado respecto a una problemática común y la búsqueda de una solución (Kashimoto et al, 2023), como es el caso de la congestión vehicular y su influencia en los ciudadanos y transportistas, quienes llegan a sufrir estrés y un bajo rendimiento laboral gracias a este, lo cual conlleva a un ambiente de poca eficacia y poca capacidad productiva en toda la ciudad que promovería estancamiento económico.

De la misma manera, según Loerakker y Ristori (2020) los algoritmos son fundamentales al momento de diseñar estrategias sólidas de ingeniería para ser usadas en distintos ámbitos de la ciencia, así mismo según Koukab et al (2021) las simulaciones proveen de una experiencia de aprendizaje efectiva para retener conocimientos y habilidades, ya que presenta un entorno relacionable con el ambiente real, con lo cual demuestran el efecto real de la aplicación de estrategias y metodologías.

Se **describe** a la presente como una investigación con simulaciones numéricas, las cuales son capaces de resolver problemas de comportamientos, rendimientos y fallas; como en el caso de los modelos de elementos finitos y las predicciones de resultados experimentales, por lo que la incorporación de simulaciones promueve el correcto desempeño de un análisis cuantitativo sobre las predicciones buscadas durante el proyecto (Li, et al, 2020).

Y según Hou et al (2020) las investigaciones aplicadas logran analizar las limitaciones de la tecnología, comparan arquitecturas de aplicación, discuten aplicaciones actuales en la ingeniería, entre otras; temas que el proyecto pretende abordar ampliando las aplicaciones de la ingeniería en tecnología comparativa de semáforos.

En base a lo expuesto el presente informe tiene como **objetivo** principal disminuir el tiempo de despeje de un cruce vehicular usando la tecnología de algoritmo comparativo en semáforos, para lo cual se cumplieron una serie de objetivos secundarios como; generar medidas estadísticas de cruces vehiculares en la ciudad de Trujillo, generar la lógica de

programación para el algoritmo comparativo en semáforos de tránsito, simular el algoritmo comparativo y el de tiempos fijo para por último, comparar los tiempos de despeje en las simulaciones.

Por lo que la **hipótesis** que se teoriza es que se logrará reducir de manera significativa el tiempo de despeje al implementar el algoritmo comparativo, en base a los datos de la guía de observación de la ciudad de Trujillo, dentro de un ambiente simulado y siendo comparado con el algoritmo de tiempos fijos.

Respecto a los instrumentos, estos son usados desde la extracción de los datos estadísticos vehiculares que fueron obtenidos mediante observación constante durante un tiempo determinado, documentando y actualizando una base de datos sobre los tiempos de espera, cantidad de vehículos, tamaño de fila, tamaño de vehículos, entre otros.

Al concluir este tiempo de recolección de datos, la base de datos se analizó e interpretó para obtener datos sintetizados que permitieron el paso a cálculos matemáticos que determinaron los valores que se trabajarán en el algoritmo.

El algoritmo se desarrolló generando vínculos entre todos los datos de entrada obtenidos mediante los sensores, obteniendo los valores de cantidad de vehículos (Q), promedio diferencia (Pd) e importancia propia (I).

Finalmente se ingresó en un ambiente simulado en base a los datos estadísticos vehiculares y aleatoriedad, para proponer el algoritmo comparativo y los tiempos fijos actuales de los semáforos y así obtener dos tiempos de despeje vehicular y analizarlos.

## II. METODOLOGÍA

### *2.1. Enfoque y tipo*

El enfoque de la investigación fue comparativo, ya que buscó analizar y comparar el desempeño de un algoritmo basado en medición con sensores de presencia y un algoritmo de tiempo establecido para un cruce de semáforos. Como tipo de investigación se considera experimental, ya que se utilizaron simulaciones para evaluar el tiempo que tardan los algoritmos en hacer pasar una cantidad establecida de vehículos en cada pista.

La simulación permite reproducir las condiciones del cruce de semáforos y medir el tiempo que tardan los algoritmos en procesar esos vehículos, para lograr mejorar la confiabilidad de esos resultados fue necesario repetir las simulaciones una considerable cantidad de veces y así conseguir más datos para el análisis.

Es decir que, este proyecto consta de un enfoque comparativo y propone un enfoque experimental a través de múltiples simulaciones para evaluar y analizar el desempeño de un algoritmo comparativo y un algoritmo de tiempos fijos bajo las mismas condiciones aleatorias de un cruce vehicular simulado en base los datos recopilados mediante guías de observación e investigaciones en la ciudad de Trujillo.

La variable independiente de la investigación es el algoritmo comparativo, lo que se refiere al resultado de múltiples cálculos estadísticos y matemáticos de las cantidades vehiculares presentes en los cruces vehiculares, así como, a la lógica de programación plasmada en el software para la simulación y su posterior comparación

Mientras que la variable dependiente es el tiempo de despeje vehicular, y de acuerdo al diccionario de Merriam-Webster (s.f.) el tiempo es un periodo medido durante el cuál existe una acción continua o se delimita la existencia de dos eventos diferenciables, y así mismo se puede medir estableciendo dos estados de un suceso y comparando la separación entre ambos; por lo que se trata de la diferencia entre el momento inicial y el momento final al despejar los vehículos en la zona de estudio.

### *2.2. Diseño de investigación*

Se partió desde la definición de los objetivos de la investigación como la comparación del desempeño y rendimiento de dos algoritmos de control para cruces de semáforos en

relación al tiempo que requieran para reducir la cantidad de vehículos propuestos a cero en una intersección simulada con software especializado.

El diseño de la investigación constó de la evaluación y comparación del desempeño de dos algoritmos durante una cantidad de simulaciones en las que se ingresaron cantidades aleatorias de vehículos que se comparan entre ellas, se operan matemáticamente y se procesan hasta que esta cantidad vehiculares se reduzca a cero por medio de los tiempos en verde de los semáforos.

Estas condiciones aleatorias se replicaron en ambos algoritmos logrando una división de dos fases para cada caso a comparar, en el cuál durante la primera fase de utilizó el algoritmo comparativo y durante la segunda el algoritmo de tiempos fijos; lo que significa que cada uno de ellos trabajó dentro de una misma situación para comprar sus desempeños.

Para esto, las guías de observación indicaron la entrada de datos desde la recolección para pasar al procesamiento por medio de los softwares seleccionados para realizar análisis estadísticos y demás operaciones matemáticas que permitieron obtener un algoritmo que compare y asigne tiempos en verde de acuerdo a la cantidad de vehículos de todas las pistas. Y finalmente, estos datos de la comparación se presentaron en tablas para su comparación objetiva y matemática.

En esencia, esto representó un diseño de estudio experimental, ya que no se pretendía tener control sobre las asignaciones de datos de entrada y solo se estudió de forma comparativa ambos algoritmos en condiciones iniciales idénticas; durante el experimento se seleccionó de manera aleatoria la variable independiente para analizar su efecto en la variable dependiente.

### *2.3. Población, muestra y muestreo*

La población de la investigación fueron las cantidades de vehículos en la totalidad de los cruces de semáforos en la ciudad de Trujillo durante los años 2022 y 2023, ya que el resultado de la investigación busca ser aplicable en cualquier caso de ellos durante cualquier momento.

Sin embargo, la muestra extraída mediante la observación y las guías constó de únicamente las cantidades vehiculares en los cruces de la ciudad de Trujillo con mayor

cantidad de congestión vehicular y en las que existía un gran desperdicio de tiempo por parte de los usuarios.

Y esta selección para la muestra, se realizó por un método de muestreo no aleatorio, en el que estos se escogieron de forma intencional y por conveniencia, debido a la facilidad de acceso a algunos cruces y el conocimiento del propio autor por las características desfavorables de los mismos.

Es importante destacar que el informe se limitó al estudio y análisis de los datos concernientes a las unidades vehiculares motorizadas de cierto tonelaje, es decir, que no se incluyeron para el desarrollo del algoritmo ni de sus posteriores comparaciones en la simulación los datos de los transeúntes y unidades menores como motocicletas y bicicletas.

#### *2.4. Técnicas e instrumento de recojo de datos*

La técnica principal de obtención de datos es la observación, la cual se usó durante dos guías de observación para la base de datos general con la cantidad de pistas, los vehículos detenidos en cada uno, la cantidad de vehículos por tamaños y los tiempos en verde de cada semáforo; y para la recopilación de la cantidad de vehículos que pasan durante un determinado tiempo en verde.

Tabla 1:

#### *Guía de observación de cruces vehiculares*

Ítem	Pistas	Cantidad de carros				Tamaños			Tiempo en verde			
		Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Peq	Med	Gran	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4

Los datos de cada columna se mencionan a continuación: Pistas es la cantidad de pistas presentes en el cruce vehicular; Cantidad de carros es la cantidad de carros presente en cada pista del cruce; Tamaños es la cantidad de vehículos presente en la totalidad del cruce divididos por tamaños; Tiempo en verde es el tiempo establecido para la luz verde de cada pista presente en el cruce.

Tabla 2:

*Guía de observación para cantidad de vehículos y tiempo en verde*

<b>Ítem</b>	<b>Tiempo en verde</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>
-------------	------------------------	------------------------------

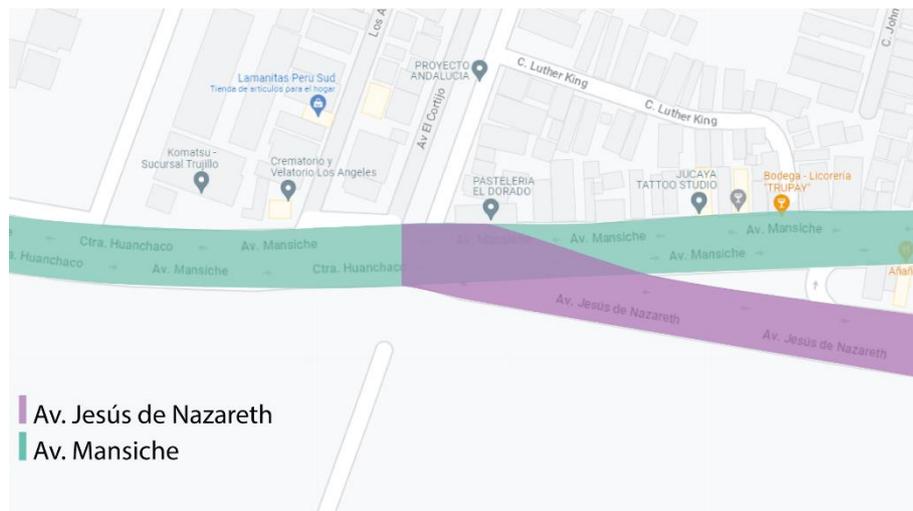
Nota: Los tiempos en verde elegidos para la guía son tiempos menores en los que los que la cantidad de vehículos total de la pista no terminan de cruzar.

Los datos de la columna Tiempo en verde fueron tiempos preestablecidos medidos por un cronómetro y la Cantidad de vehículos serán los que pasen antes que ese tiempo termine; es necesario mencionar que el tiempo medido en el cronómetro empieza al mismo tiempo que cambia la luz en el semáforo observado.

El inicio del procedimiento se dio desde la recolección de estos datos, para lo cual se visitaron cruces de tres o cuatro semáforos donde se conociera la existencia de problemas de tránsito, es decir, donde usualmente existen congestiones o se pierde demasiado tiempo en el desplazamiento. Los cruces seleccionados para el estudio en la ciudad de Trujillo fueron los siguientes:

Figura 1:

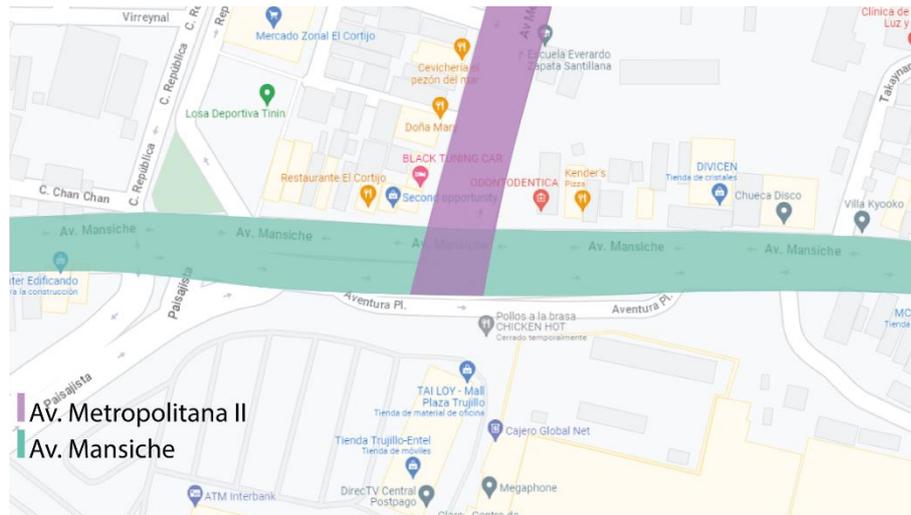
*Cruce de Av. Jesús de Nazareth y Av. Mansiche*



Nota: Coordenadas 8°06'03.7" S - 79°03'26.7" W

Figura 2:

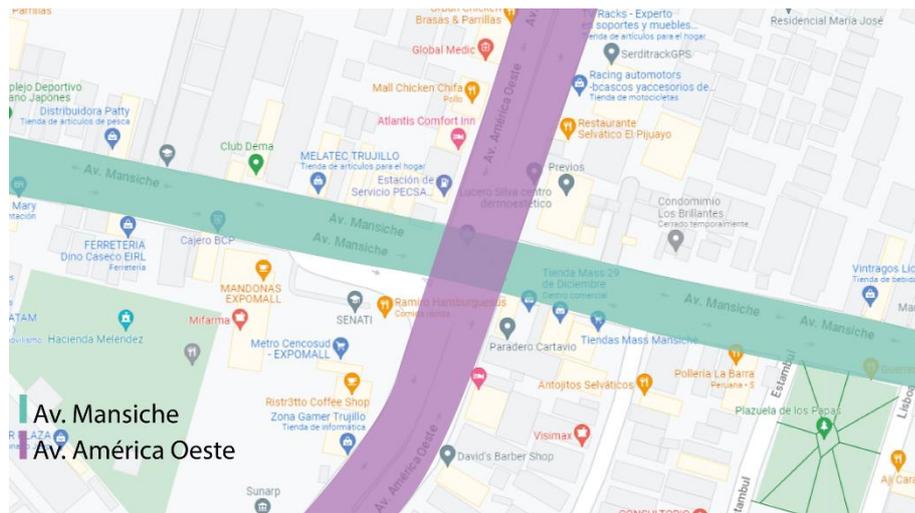
*Cruce Av. Mansiche y Av. Metropolitana II*



Nota: Coordenadas 8°06'03" S – 19°02'57.4" W

Figura 3:

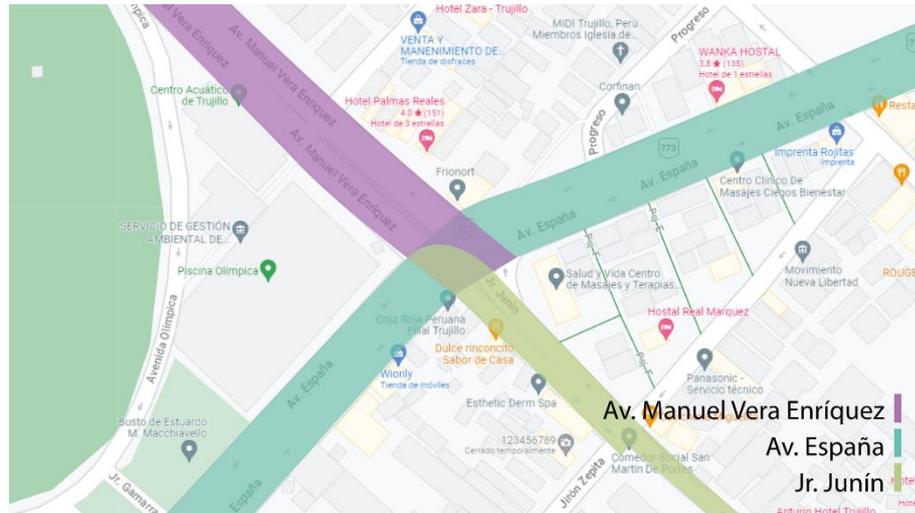
*Cruce Av. Mansiche y Av. América Oeste*



Nota: Coordenadas 8°06'05.2" S – 79°02'39.9" W

Figura 4:

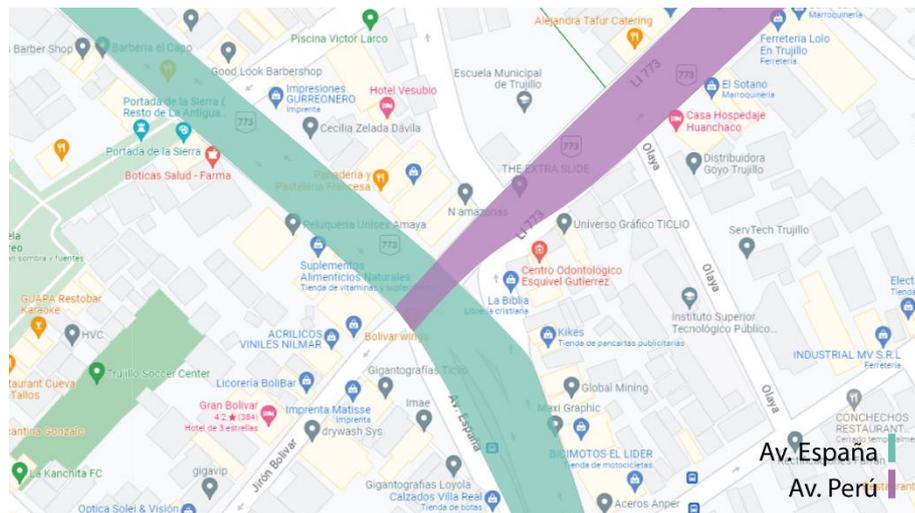
*Cruce Av. Manuel Vera Enríquez y Av. España*



Nota: Coordenadas 8°06'22.08" S – 79°02'39.9" W

Figura 5:

*Cruce Av. Perú y Avenida España*



Nota: Coordenadas 8°06'25.3" S – 79°01'19.7" W

La información se recolectó por medio de la tabla de la guía de observación (Tabla 1), anotando la cantidad de pistas que se encuentran, la cantidad de carros en cada pista, la cantidad de carros pequeños, medianos y grandes en todas las pistas y el tiempo en verde que tiene cada pista para su desplazamiento.

Sobre esta guía se realizó un total de 51 mediciones durante tres meses a diferentes horas del día y siempre buscando momentos con una congestión vehicular considerable, consiguiendo al final 168 datos de cantidades vehiculares en los diferentes cruces, donde el valor mínimo fue de 5 vehículos y el máximo fue de 55; así que el rango fue de 50 vehículos para elaborar una tabla de frecuencias (Tabla 11) donde se analizaron cantidades grandes de datos para un mejor entendimiento; y un posterior gráfico de barras (Figura 7).

Así mismo, utilizando los mismos cruces en otros días y/o en otros momentos del día se realizó la segunda observación con la intención de cuantificar la cantidad de vehículos que pasan en un tiempo determinado de luz verde en el semáforo mediante la tabla de la segunda guía de observación (Tabla 15).

### *2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información*

Ambas tablas se incorporaron dentro de un archivo de Microsoft Excel para facilitar la obtención de los cálculos estadísticos, tablas de frecuencias, gráficos y demás datos que permitieron desarrollar el resto del proceso; como la cantidad de datos, valor máximo y valor mínimo, entre otros.

En el siguiente paso fue necesario dividir los datos de forma equitativa en 4 grupos de forma que se puedan ubicar sectores para analizarlos de forma individual y así ubicar los sensores dentro de las pistas, para ello se hizo uso de los cuartiles de los datos en los porcentajes del 25%, 50%, 75% y 100%; por medio de la ecuación 1.

Con estos seccionamientos se pudo entender que los casos estudiados de pistas muestran que la probabilidad de obtener un caso con cantidad de vehículos entre el valor mínimo y el primer cuartil, el primer cuartil al segundo, el segundo al tercero y el tercero al valor máximo es del 25% aproximadamente, sin embargo, dentro de cada intervalo existían datos con mayor probabilidad, es decir la moda dentro del cuartil.

Para el primer cuartil del primer 25%, considerando que se tienen 168 datos entonces el 25% debe ser 42 vehículos en la frecuencia acumulada, lo que se cumple en intervalo de [10-15[, siendo así que:

$$Q_{25\%} = 10 + \left(\frac{42 - 35}{38}\right) 5$$

$$Q_{25\%} = 10.92$$

Para el segundo cuartil del 50%, el número en la frecuencia acumulada debe ser de 84 y esto se consigue durante el intervalo de [15-20[, de forma que:

$$Q_{50\%} = 15 + \left(\frac{84 - 73}{33}\right) 5$$

$$Q_{50\%} = 16.67$$

Para el tercer cuartil para el 75% de los datos, en la frecuencia acumulada debe existir un número mayor a 126 y esto se consigue durante el intervalo de [20-25[, por lo que el cálculo es el siguiente:

$$Q_{75\%} = 20 + \left(\frac{126 - 106}{26}\right) 5$$

$$Q_{75\%} = 23.85$$

Por último, el cuarto cuartil que marca el límite del 100% sería la cantidad vehicular más alta obtenida durante la observación de los cruces vehiculares:

$$Q_{100\%} = 55$$

Ahora dentro de cada uno de estos intervalos que poseen un porcentaje equitativo de los datos se obtiene la moda, es decir, el número que se repite un mayor número de veces. Se encontró que las modas dentro de los cuartiles uno, dos, tres y cuatro son 8 (Figura 9), 16 (Figura 10), 23 (Figura 11) y 36 (Figura 12) respectivamente; los que se interpretaron como los valores más probables dentro de un caso de estudio significativo en la ciudad de Trujillo.

Con esta información ya se conocía que los sensores deben colocarse en la posición donde existan 8, 16, 23 y 36 vehículos respectivamente; sin embargo, fue necesario transformar esta información a metros para realmente colocar los sensores, por lo que se hizo uso de la información recopilada sobre las unidades vehiculares más comerciales y la base de datos de la guía de observación para usar un tamaño ponderado.

De acuerdo al portal Top Driverz que formó un ranking de los 10 vehículos más vendidos en Perú durante el año 2021 (Cebrián, 2022) y según las fichas técnicas de cada vehículo presente en el Anexo N° 4, se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 3:

*Modelos de autos pequeños y medianos más vendidos en Perú durante el 2021*

<b>Modelo</b>	<b>Unidades vendidas</b>	<b>Tamaño de estudio</b>	<b>Largo</b>
Kia Cerato	2 296 unds	Pequeño	4.64 m
Hyundai Grand i10	2 413 unds	Pequeño	3.805 m
Chevrolet N300	2 453 unds	Pequeño	3.995 m
Toyota RAV4	2 644 unds	Mediano	4.6 m
Kia Picanto	3 893 unds	Pequeño	3.595 m
Hyundai Accent	3 929 unds	Pequeño	4.44 m
Toyota Etios	4 336 unds	Pequeño	4.266 m
Toyota Yaris	5 143 unds	Pequeño	4.425 m
Kia Rio	5 546 unds	Pequeño	4.385 m
Toyota Hilux	8 629 unds	Mediano	5.335 m

En esta se detalla también el tamaño según la guía de observación al que pertenece cada vehículo, así mismo se elaboró una siguiente tabla para recolectar información sobre los demás vehículos pertenecientes al transporte público en la ciudad, como son:

Tabla 4:

*Modelos para transporte público mediano y grande más comunes en Trujillo*

<b>Modelo</b>	<b>Tamaño de estudio</b>	<b>Largo</b>
Toyota Hiance	Mediano	5.915 m
Volkswagen Volksbus 9.160 OD	Grande	7.444 m
Volkswagen Volksbus 15.190 OD	Grande	10.765 m
Mercedes Benz OC 500 LE	Grande	8.77 m
Mercedes Benz OC 500 RF	Grande	8.87 m

Gracias a estos datos se calculó el promedio ponderado de la longitud de todos los vehículos de la observación, y este dato se consideró como la longitud de todos los vehículos en general, al seccionarlos por modelos vehiculares pequeños, medianos y grandes.

Tabla 5:

*Modelos vehiculares pequeños*

<b>Modelo</b>	<b>Unidades vendidas</b>	<b>Tamaño de estudio</b>	<b>Largo</b>	<b>Unidades * Largo</b>
Kia Cerato	2 296 unds	Pequeño	4.64 m	10 653.44 m
Hyundai Grand i10	2 413 unds	Pequeño	3.81 m	9 181.47 m
Chevrolet N300	2 453 unds	Pequeño	4.00 m	9 799.74 m
Kia Picanto	3 893 unds	Pequeño	3.60 m	13 995.34 m
Hyundai Accent	3 929 unds	Pequeño	4.44 m	17 444.76 m
Toyota Etios	4 336 unds	Pequeño	4.27 m	18 497.38 m
Toyota Yaris	5 143 unds	Pequeño	4.43 m	22 757.78 m
Kia Rio	5 546 unds	Pequeño	4.39 m	24 319.21 m
<b>Total</b>	<b>30 009 unds</b>			<b>126 649.10 m</b>

De esta tabla se entendió que 30 009 unidades representan un total de 126 649.10 metros de longitud, por lo que cada una podría representar un tamaño promedio de 4.22 metros

Tabla 6:

*Modelos vehiculares medianos*

<b>Modelo</b>	<b>Unidades vendidas</b>	<b>Tamaño de estudio</b>	<b>Largo</b>	<b>Unidades * Largo</b>
Toyota RAV4	2 644 unds	Mediano	4.6 m	12 162.40 m
Toyota Hilux	8 629 unds	Mediano	5.34 m	46 035.72 m
Toyota Hiance		Mediano	5.92 m	
<b>Total</b>	<b>11 273 unds</b>			<b>58 198.12 m</b>

Lo que mostró que entre el Toyota RAV4 y el Toyota Hilux representan un total de 11 273 unidades y un tamaño total de 58 198.12 metros, por lo que ambos forman un promedio de 5.16 metros; que junto a los 5.92 metros del Toyota Hiance representan una media de 5.54 metros para las unidades medianas.

Tabla 7:

*Modelos vehiculares grandes*

<b>Modelo</b>	<b>Tamaño de estudio</b>	<b>Largo</b>
Volkswagen Volksbus 9.160 OD	Grande	7.44 m
Volkswagen Volksbus 15.190 OD	Grande	10.77 m
Mercedes Benz OC 500 LE	Grande	8.77 m
Mercedes Benz OC 500 RF	Grande	8.87 m
<b>Total</b>		<b>35.85 m</b>

Entre los vehículos más grandes se estimó un tamaño total de 35.85 metros entre los 4 modelos considerados para el estudio, por lo que existía una longitud promedio de 8.96 metros para las unidades de transporte más grandes.

Finalmente, de acuerdo a la guía de observación existe un total de 2 566 unidades pequeñas, 366 vehículos medianos y 274 transportes grandes; para los cruces estudiados en la ciudad de Trujillo.

Tabla 8:

*Resumen de tamaños vehiculares para el estudio*

<b>Modelos</b>	<b>Tamaño promedio</b>	<b>Cantidad en estudio</b>	<b>Unidades * Largo</b>
Vehículos pequeños	4.22 m	2 566 unds	10 828.52 m
Vehículos medianos	5.54 m	366 unds	2 027.64 m
Vehículos grandes	8.96 m	274 unds	2 455.04 m
<b>Total</b>		<b>3 206 unds</b>	<b>15 311.20 m</b>

Y en conjunto las 3 206 unidades vehiculares de diferentes tamaños encontradas durante el estudio representan un tamaño esperado de 15 311.20 metros; por lo que cada uno de ellos debe tener un tamaño promedio de 4.78 metros, lo que permite delimitar las distancias a las que deben ser ubicados los sensores para pistas de dos carriles.

Todos estos cálculos permitieron establecer las disposiciones de sensores dentro de las pistas, y ya que se buscaba que cada sensor de presencia esté en la posición más probable de encontrar una cantidad exacta de vehículos, se ubicarán justo en el espacio disponible

para detectar una moda intercuartil, y dicha longitud se ve representada por la siguiente fórmula:

$$P(S_x) = Mi_x * Lp \tag{3}$$

$P(S_x)$  : Posición de sensor “x”

$Mi_x$  : Moda intercuartil “x”

$Lp$  : Longitud promedio

A esta cantidad de sensores, se le añadió un primer sensor “0” que esté ubicado en el principio de la fila, justo detrás de la línea peatonal, para detectar la presencia de al menos un vehículo en la pista.

Para cada pista se estableció que existen dos carriles por lo que la cantidad de vehículos se divide entre dos, a esta cantidad se le considera como 4.78 metros por cada uno para la distancia en metros inicial. Sin embargo, se le añade la distancia de separación que existiría al frenar los vehículos atrás de otro, y se le reduce 2.39 metros para que el sensor se encuentre con la parte media del vehículo y así pueda sentir su presencia (Tabla 12).

Tabla 9:

*Cálculo de las distancias establecidas para sensores*

Sensor	Cantidad de vehículos	Vehículos por vía	Distancia en metros	Distancia de separación	Reducción	Distancia total
Sensor "0"	1 unds	1 unds	4.78 m	0.00 m	2.39 m	<b>2.39 m</b>
Sensor "1"	8 unds	4 unds	19.12 m	6.00 m	2.39 m	<b>22.73 m</b>
Sensor "2"	16 unds	8 unds	38.24 m	14.00 m	2.39 m	<b>49.85 m</b>
Sensor "3"	23 unds	12 unds	54.97 m	21.00 m	2.39 m	<b>73.58 m</b>
Sensor "4"	36 unds	18 unds	86.04 m	34.00 m	2.39 m	<b>117.65 m</b>

Así mismo, los sensores deben tener una disposición diagonal para maximizar el alcance de su percepción de presencia dentro del rango de la pista, de forma que se forme un triángulo con los siguientes parámetros: Cateto adyacente como el ancho de la pista, cateto opuesto

como la longitud establecida de un vehículo para el estudio y la diagonal como el alcance que tomará el sensor.

De modo que se pueda abarcar la mayor cantidad de área posible dentro de el volumen común de todos los vehículos mencionados, evitando en mayor medida la probabilidad de no medir correctamente la longitud por encontrarse justo en la separación de dos vehículos.

La lógica de programación para la simulación se hizo en el software de National Instruments LabVIEW, que funciona por medio de un lenguaje de programación visual. Los datos de entrada para la programación fueron los sensores, los cuales fueron capaces de detectar la presencia o no presencia de un objeto en su línea de acción, por lo que se trataba de un conjunto de 5 entradas de datos booleanos.

Los cinco sensores son capaces de dar información de verdadero y falso sobre la presencia, por lo que la cantidad de casos posibles en total se obtiene por la siguiente fórmula:

$$Q_c = (P)^S \tag{4}$$

$Q_c$  : Cantidad de casos

$P$  : Posibles valores (o 0 o 1)

$S$  : Cantidad de sensores

El bloque Boolean Array to Number, permite transformar estos 5 datos booleanos en números enteros usando el sistema de numeración binario, obteniendo diferentes números de acuerdo a los datos de entrada que permitieron generar una única salida cambiante.

Esta salida numérica representa un número para cada caso en la configuración de los sensores, por lo que se estableció un procedimiento diferente para cada caso esperado y un procedimiento diferente para el resto de los casos, es decir, por medio de la detección de los sensores en el orden correcto se pudo establecer el tamaño que tiene la fila de vehículos en esa pista.

Por lo tanto, se usó el bloque de estructura Case, que permite asignar programaciones diferentes para cada caso esperado entre todas las posibilidades, de forma que de activarse un sensor se establezca una cantidad vehicular esperada y ser condicionales a la activación de los sensores más lejanos.

Tabla 10:

*Explicación de la activación de sensores*

<b>Sensor activo</b>	<b>Cantidad vehicular esperada</b>
S0	Al menos un vehículo
S1	Moda intercuartil 1
S2	Moda intercuartil 2
S3	Moda intercuartil 3
S4	Moda intercuartil 4

Nota: Las combinaciones de sensores en las que se active uno superior sin activarse el inmediato anterior no se consideran como válidas.

Esto quiere decir que, si una fila posee una cantidad de vehículos comprendida entre las cantidades vehiculares esperadas, la programación será capaz de entender que la cantidad de vehículos es la moda intercuartil menor, este se trata de un valor operacional que refleja la información parcial capaz de entenderse desde la realidad.

La activación de los sensores es condicional a la activación del sensor más lejano, para permitir que al crecer la cantidad real de vehículos y activar el sensor más lejano se cambie el valor operacional por la moda intercuartil correspondiente.

Estos valores operacionales se pueden programar y relacionar matemáticamente entre ellos en tiempo real con la programación y conseguir valores que muestren el estado situacional del cruce para asignar los tiempos en verde de cada pista, las fórmulas utilizadas para ello serán:

El promedio diferencia en donde se hace la búsqueda de entender el promedio de vehículos en las otras pistas en donde Solo se consideran las pistas válidas y que posean una cantidad operacional de vehículos mayor a uno, y se excluse la cantidad operacional de la pista “x”.

$$Pd_x = \frac{Q_{op,1} + Q_{op,2} + Q_{op,3} + \dots}{\text{Cantidad de pistas}}$$

(5)

Donde:

$Pd_x$  : Promedio diferencia de la pista “x”

$Q_{op}$  : Cantidad operacional de vehículos

Cantidad de pistas : Cantidad de pistas estudiadas

La importancia, que utiliza este valor del promedio diferencia para establecer una relación matemática geométrica de cociente y así mostrar un número que represente el contexto en el que se encuentra esta pista, es decir, si tiene más o menos vehículos que el promedio de los demás y también qué tanto.

$$I = \frac{Pd}{Q_{op}}$$

(6)

Donde:

I : Importancia

Pd : Promedio diferencia

$Q_{op}$  : Cantidad operacional

En cada pista, el promedio diferencia evaluó la condición promedio operacional de las demás pistas, para posteriormente estudiar la importancia que esta tiene en razón a esta medida y el valor operacional; así se consigue un número que cuantifica en escala logarítmica el grado de importancia que se posee con respecto al resto.

Finalmente, para asignar los tiempos en verde se considera la idea de querer hacer pasar todos los vehículos en el menor tiempo posible, por lo que se recopila información de la cantidad operacional total de vehículos en todos los cruces y se calcula la cantidad de vehículos que deben pasar con una relación directamente proporcional al valor de importancia.

La cantidad operacional total es la suma de todas las cantidades operacionales en las pistas del cruce, lo que permite entender cuál es la cantidad que vehículos que deben pasar en total.

$$Op_t = Q_{op,1} + Q_{op,2} + Q_{op,3} + \dots \quad (7)$$

Donde:

$Op_t$  : Cantidad operacional total

$Q_{op}$  : Cantidad operacional de la pista

La importancia total se trata de la totalidad de las importancias las pistas del cruce vehicular.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad (8)$$

Donde:

$I_t$  : Importancia total

$I$  : Importancia de cada pista

Estas dos cantidades se relacionan en una ecuación que termina la cantidad de vehículos que deben pasar, ya que se trata de una relación directamente proporcional.

$$Q_{pas,x} = Op_t \left( \frac{I_t}{I_x} \right) \quad (9)$$

$Q_{pas,x}$	: Cantidad de vehículos que deben pasar
$Op_t$	: Cantidad operacional total
$I_t$	: Importancia total
$I_x$	: Importancia de la pista “x”

Por razones de funcionalidad de la simulación y del semáforo, en casos donde la cantidad de vehículos que deben pasar de esta pista resulte inferior a la posición del sensor número uno, entonces se considerará que la cantidad de vehículos que deben pasar corresponde a la cantidad mínima; es decir, el número de vehículos de la moda intercuartil uno.

Con la información de la cantidad de vehículos que deben pasar, se hizo necesario conocer cuánto tiempo es necesario para esta acción, por lo que se usaron los datos obtenidos durante la segunda observación respecto a los vehículos que pasan durante una cantidad de tiempo establecida.

Para encontrar una fórmula que relacione los tiempos con la cantidad de vehículos se usaron los gráficos de dispersión en Excel y su opción de agregar una línea de tendencia. Se sabe que esta función tiene la característica de pasar por el origen y que además es de carácter cuadrático, ya que en esencia representa un movimiento rectilíneo acelerado desde el reposo.

Por lo que estos parámetros se ingresan a las propiedades de la tendencia generada por el software y se obtiene una ecuación cuadrática sin término independiente que representa la función de cuántos vehículos pasan en relación al tiempo que el semáforo permanece en verde.

$$Q_{(t)} = at^2 + bt \tag{10}$$

Donde:

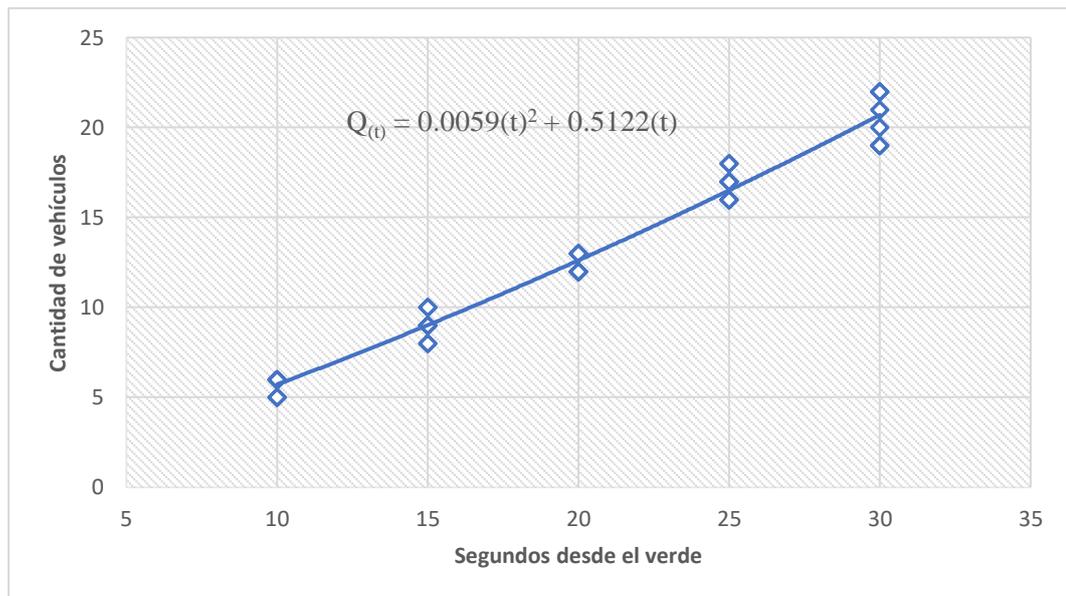
$Q(t)$	: Cantidad de vehículos que pasan en función al tiempo en verde
$t$	: Tiempo en verde del semáforo
$a, b$	: Coeficientes del tiempo, de momento desconocidos

De esta fórmula fue necesario despejar la variable “t” para dejar el tiempo en función a la cantidad de vehículos, por lo que se aplicó la ecuación Bhaskara (ecuación 2) que permite resolver una ecuación de segundo grado al despejar la variable.

Para todo ello, también se usó la herramienta de generar funciones de Excel, y fue necesario el traslado de los datos de la segunda guía de observación (Anexo N° 1) respecto a la cantidad de vehículos que pasan en un tiempo en verde. Estos datos se ingresaron a un gráfico de dispersión del software para que este otorgue una regresión y una gráfica que cumpla con las características de pasar por el origen y ser cuadrática.

Figura 6:

*Fórmula cuadrática según Excel*



De modo que se puede adaptar la ecuación 10 para acoplarla al método de Bhaskara (Ecuación 2) y obtener, una solución a la ecuación cuadrática según este.

$$at^2 + bt - Q = 0$$

$$t = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4aQ}}{2a}$$

$$t = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4aQ}}{2a}$$

(11)

Donde se repitieron los términos de la ecuación 10, y se escogió el valor que en su resultado obtenga valores positivos para la ejecución del algoritmo; y se aplicó esto a la función obtenida con Excel (figura 6); encontrando un modelo matemático que establece el tiempo necesario en verde en relación a la cantidad de vehículos.

$$t = \frac{-(0.5122) + \sqrt{(0.5122)^2 - 4(0.0059)Q}}{2(0.0059)}$$

$$t = \frac{-(0.5122) + \sqrt{(0.2623) - (0.0236)Q}}{(0.0118)}$$

$$t = \frac{\sqrt{(0.2623) - (0.0236)Q}}{(0.0118)} - 43.41$$

$$t = \sqrt{\frac{(0.2623)}{(0.0118)^2} - \frac{(0.0236)}{(0.0118)^2}Q} - 43.41$$

$$t_{(Q)} = \sqrt{(1881.83) - (169.5)Q} - 43.41$$

(12)

Con esta ecuación y la cantidad de vehículos que deben pasar se pudo establecer un tiempo en verde para cada caso medido, logrando así un algoritmo que compare la cantidad de vehículos en cada pista y asigne un tiempo para cruzar de acuerdo a las condiciones.

Sin embargo, para aspectos de la simulación en el software de National Instruments LabVIEW fue necesario incorporar a este algoritmo la capacidad de ejecutarse continuamente a la vez de que simule la reducción de vehículos durante los tiempos en verde de los semáforos.

Para esto se usó una estructura While que contenga todo el algoritmo entrada de datos, medición de los sensores, el cálculo del valor operativo y el cálculo del tiempo en verde para cada pista; es decir, la medición del algoritmo comparativo

Así mismo, se generó una estructura Case que funcionaría como puerta que no permitiera la entrada de los datos de la medición a otra estructura, a la vez que evitaría el

aumento de número de iteraciones o repeticiones de la estructura de medición; este case se activaría con un botón de forma que se dé inicio a la secuencia de los semáforos.

Estos semáforos funcionan dentro de una estructura Case que trabaja con la cantidad de iteraciones de la medición, de manera que la medición se efectúa y luego se pasa a ejecutar el tiempo en verde del primer semáforo, una vez acabado el tiempo en verde se pasa al tiempo en ámbar, en donde se reduce la cantidad de vehículos que han pasado a la entrada inicial de datos de la medición.

Al terminar el tiempo en ámbar del primer semáforo se procede a regresar a la medición para volver a calcular el tiempo en verde del siguiente semáforo considerando ahora la cantidad reducida de la primera pista.

Cabe mencionar que mientras la puerta no permitiera la entrada de la cantidad de iteraciones, este Case mostraría a todas las luces rojas de los semáforos encendidas y apagadas las luces verdes y ámbar.

Al funcionar gracias a las repeticiones de la medición, durante la ejecución del tercer último semáforo es necesario hacer un reinicio de la cantidad de iteraciones, por lo cual se regresa a cero este valor y se reduce a menos uno la variable que se compara con estas iteraciones. Dicha variable es necesaria para que la medición se mantenga dentro del control de una repetición cada que termine el tiempo en ámbar de algún semáforo.

Esta variable va aumentando en uno cada que termina el tiempo en ámbar de los semáforos, por lo que cuando se está en la ejecución del último semáforo es necesario reducirlo hasta el menos uno para que al ingresar nuevamente a la medición, sea cero. Este aumento se realiza en otra estructura Case que funciona como una segunda puerta.

Esta segunda puerta permite que después de ejecutarse el tiempo en ámbar se retorne a la medición a la vez que realiza el aumento de la variable y evita que se retorne a la medición si no se ha empezado la ejecución de los semáforos.

Igualmente se modificó una copia del algoritmo anterior, pero sin necesitar calcular los tiempos en verde para cada semáforo, este nuevo algoritmo funciona solo con tiempos fijos establecidos, para comparar y evaluar mediante varias simulaciones el tiempo que demoran en tener una cantidad operacional de vehículos igual a cero.

Todos estos valores y ecuaciones permiten la creación de los algoritmos que se simularán un total de 30 veces escogiendo de forma aleatoria ítems de la guía de observación de las cantidades vehiculares, mientras con un cronómetro externo al software se toma el tiempo hasta el próximo encendido de la luz ámbar después de tener una cantidad operacional igual a cero.

Las medidas para comparar ambos algoritmos serán el flujo de los vehículos en los cruces, los porcentajes de tiempo individual y el porcentaje de tiempo general.

$$Flujo = \frac{Q_i}{T_{al}} \quad (13)$$

Donde:

$Q_i$  : Cantidad de vehículos del ítem

$T_{al}$  : Tiempo del algoritmo

$$\%T_i = \frac{T_{i,al\ com}}{T_{i,al\ est}} \quad (14)$$

Donde:

$\%T_i$  : Cantidad de vehículos del ítem

$T_{i,al\ com}$  : Tiempo del algoritmo comparativo en el ítem

$T_{i,al\ est}$  : Tiempo del algoritmo establecido en el ítem

$$\%T_g = \frac{T_{al\ com}}{T_{al\ est}} \quad (15)$$

Donde:

$\%T_g$  : Cantidad de vehículos del ítem

$T_{al\ com}$  : Tiempo del algoritmo comparativo

$T_{al\ est}$  : Tiempo del algoritmo establecido

Estas ecuaciones se incorporaron luego a los resultados de las simulaciones de la tabla 12 para poder desarrollar conceptos comparativos de estos.

### ***2.6. Aspectos éticos***

Durante todo el proceso de investigación, análisis y simulación no se incumplieron principios éticos y por la naturaleza del tipo de investigación y los medios usados no se puso en riesgo en ningún momento a participantes o datos confidenciales.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Medidas estadísticas de cruces vehiculares en la ciudad de Trujillo.

Las medidas estadísticas sobre los cruces vehiculares en la ciudad de Trujillo durante el año 2023 se lograron a partir de la guía de observación (Anexo 1) empezando con una tabla de frecuencias y un gráfico de barras.

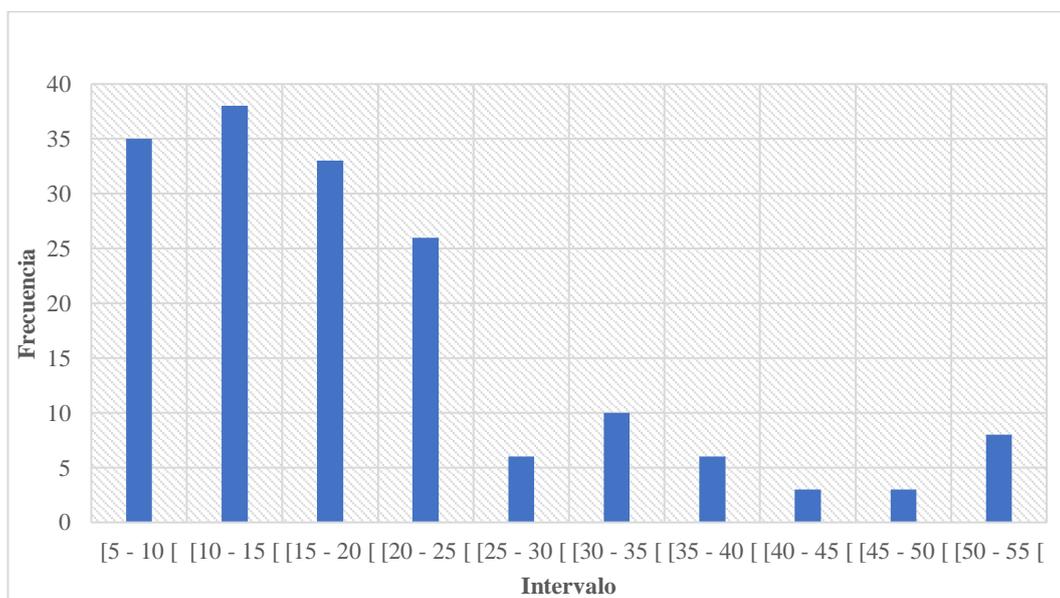
Tabla 11:

*Tabla de frecuencias de la guía de observación de cantidades vehiculares*

Intervalo	Marca	Frecuencia	Acumulada
[5 - 10 [	7.5	35	35
[10 - 15 [	12.5	38	73
[15 - 20 [	17.5	33	106
[20 - 25 [	22.5	26	132
[25 - 30 [	27.5	6	138
[30 - 35 [	32.5	10	148
[35 - 40 [	37.5	6	154
[40 - 45 [	42.5	3	157
[45 - 50 [	47.5	3	160
[50 - 55 [	52.5	8	168
<b>Total</b>		<b>168</b>	

Figura 7:

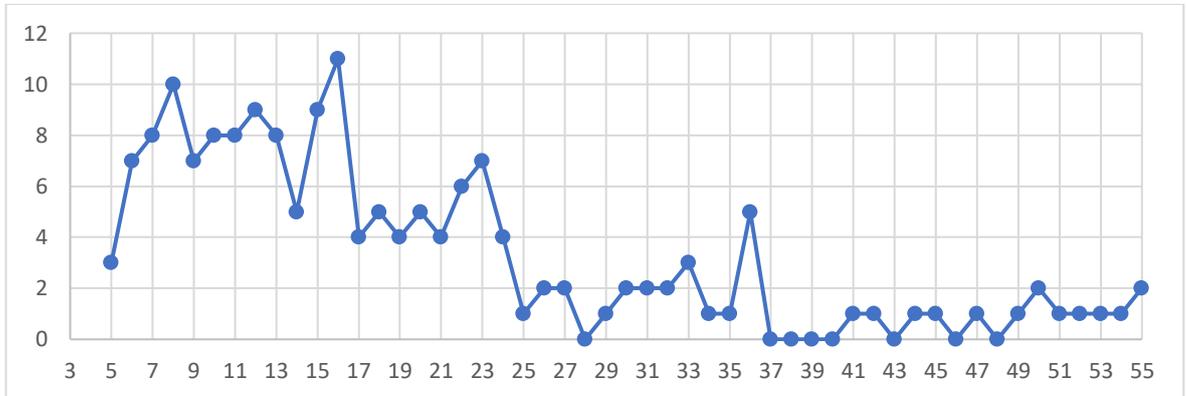
*Gráfico de barras de la guía de observación de cantidad vehiculares*



Las cuales se usaron para conseguir los valores de los cuartiles que dividen la información a partes iguales mediante la ecuación 1, estos intervalos se extraen del espectro completo de datos.

Figura 8:

*Espectro completo de cantidades vehiculares*



Mostrando que el 25 % de los casos estudiados muestran menos de 10.92 vehículos por pista, el siguiente 25 % hasta el 50 % están por debajo de 16.67 vehículos, el tercer cuadril muestra que el 75 % de los casos es menor a 23.85 vehículos y finalmente el cuarto cuartil es el valor máximo encontrado de 55 vehículos por pista.

De modo que ahora todo el espectro de datos de observación en relación a la cantidad de vehículos en una pista ahora se puede mostrar usando la división obtenida al calcular los cuartiles, siendo de la siguiente manera.

Figura 9:

*Gráfico del intervalo del cuartil de 25%*

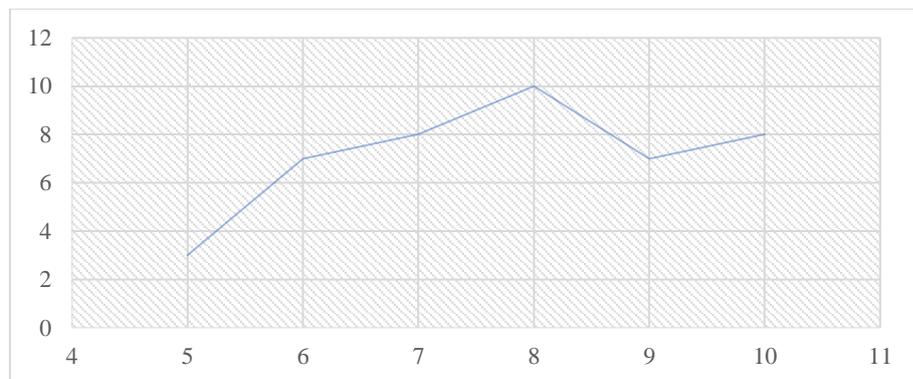


Figura 10:

*Gráfico del intervalo del cuartil de 50%*

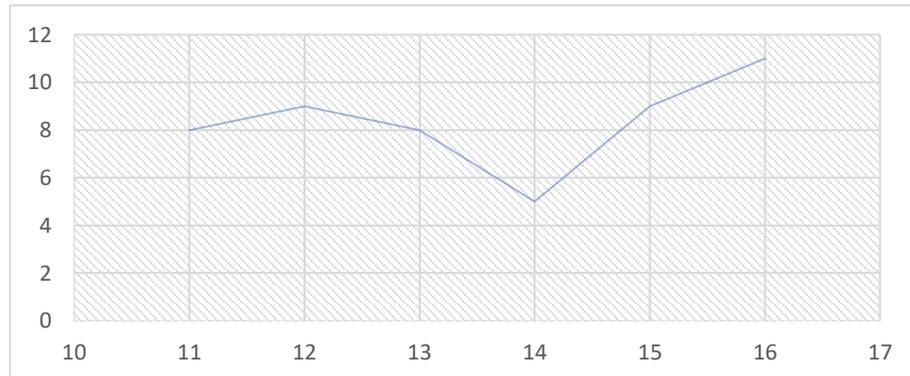


Figura 11:

*Gráfico del intervalo del cuartil de 75%*

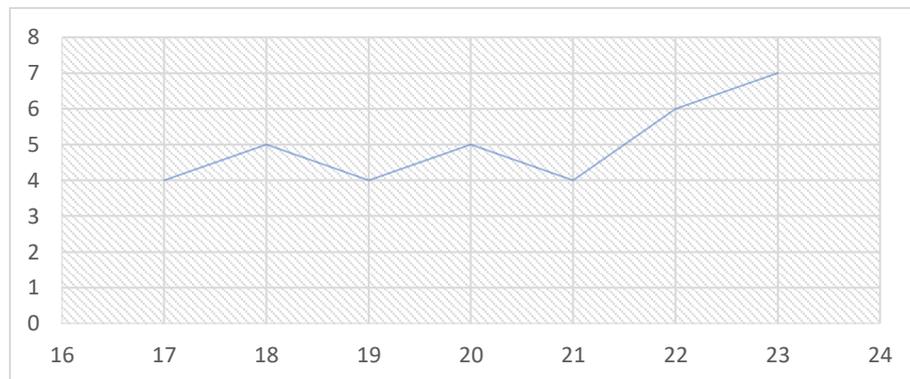
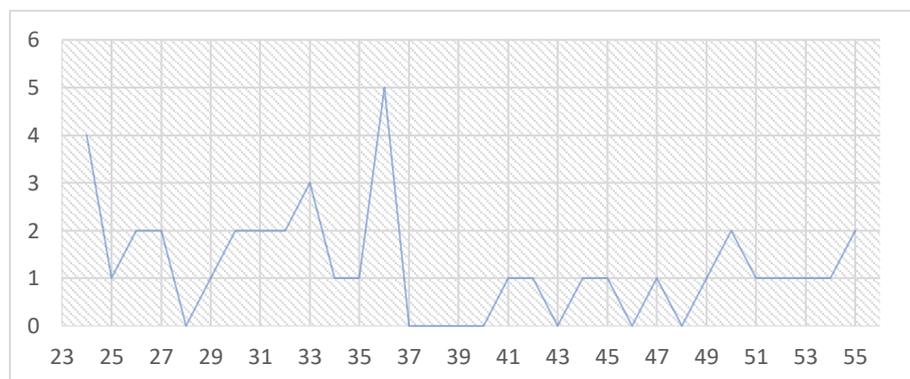


Figura 12:

*Gráfico del intervalo del cuartil de 100%*



Notando que la moda de cada intervalo son los números 8, 16, 23 y 36 respectivamente; lo que se interpreta como el valor más repetido en los cruces vehiculares estudiados durante la investigación para la ciudad de Trujillo durante el año 2023.

Así mismo en base a las tablas 3 y 4 se definieron las tablas 5, 6 y 7 pudiendo mostrar que la longitud promedio de un vehículo en la ciudad de Trujillo es de 4.78 metros; con lo que también se define la distancia para ubicar los sensores respecto al cruce.

Tabla 12:

*Distancias establecidas para los sensores*

<b>Sensor</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>	<b>Vehículos por vía</b>	<b>Distancia total</b>
Sensor "0"	1 unds	1 unds	<b>2.39 m</b>
Sensor "1"	8 unds	4 unds	<b>22.73 m</b>
Sensor "2"	16 unds	8 unds	<b>49.85 m</b>
Sensor "3"	23 unds	12 unds	<b>73.58 m</b>
Sensor "4"	36 unds	18 unds	<b>117.65 m</b>

En donde también se realizaron cálculos (Tabla 9) considerando factores como la separación entre vehículos y la posición general del sensor.

### **3.2. Generar la lógica de programación para el algoritmo comparativo en semáforos de tránsito.**

Todos estos resultados sirvieron para generar la lógica de programación al desarrollar las ecuaciones 5 y 6 que más adelante se adecúan para las ecuaciones 7 y 8 para lograr la ecuación 9 que finalmente se transforma en la 12 para generar toda una lógica comparativa ejecutada en bucle dentro de un algoritmo.

Este algoritmo toma los datos ingresados para determinar los sensores que se activan de acuerdo a cada uno de los casos, así como la cantidad operativa que esto significa, para utilizar esta cantidad en los cálculos matemáticos definidos en las ecuaciones 5, 6, 7, 8 y 9.

Todos estos cálculos se efectúan para establecer el tiempo en verde de una pista, una vez este haya finalizado se pasará a la luz ámbar, en donde se debe volver a realizar la toma de datos para establecer el tiempo en verde de la siguiente pista; realizando así las ecuaciones en bucle para cumplir un orden establecido respecto a las pistas del cruce.

### 3.3.Simulación de los algoritmos

La simulación de los algoritmos se realizó gracias a la repetición de estos mismos cálculos en bucle de manera que se ingresaran datos de cantidades de vehículos y al final se quede en cero.

Y gracias al desarrollo de los algoritmos dentro del software se consiguió simular un total de 30 veces los dos algoritmos de forma aleatoria usando ítems de la guía de observación (Anexo 5 y Anexo 6) para que el algoritmo comparativo procese de igual manera que el algoritmo de tiempos fijos.

Tabla 13:

*Resultado de las simulaciones*

Ítem	Cantidades Propuestas				Tiempos establecidos en verde				Tiempo de despeje	
	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Algoritmo comparativo	Algoritmo establecido
1	31	10	6		33	43	43		142 s	189 s
2	23	23	26	13	34	16	12	20	181 s	465 s
3	11	24	16		27	15	19		125 s	240 s
4	32	13	16		22	17	32		152 s	237 s
5	49	9	7		15	23	23		131 s	493 s
6	34	15	17		22	17	32		152 s	233 s
7	13	19	5	8	34	16	12	20	131 s	189 s
8	18	20	23		27	15	19		153 s	246 s
9	10	14	5		33	43	43		118 s	144 s
10	41	10	15		22	17	32		158 s	235 s
11	16	22	25	9	34	16	12	20	185 s	467 s
12	16	13	26		27	15	19		170 s	274 s
13	36	11	16		22	17	32		144 s	233 s
14	22	24	47	14	34	16	12	20	277 s	1143 s
15	36	10	15		22	17	32		158 s	231 s
16	54	12	6		15	23	23		182 s	494 s
17	16	15	27		27	15	19		169 s	176 s
18	55	8	6		15	23	23		129 s	584 s
19	52	10	8		15	23	23		129 s	498 s
20	16	22	24	12	34	16	12	20	184 s	465 s
21	50	8	8		15	23	23		132 s	493 s
22	33	10	16		22	17	32		152 s	237 s
23	17	22	45	18	34	16	12	20	207 s	842 s
24	18	11	7		33	43	43		108 s	144 s
25	23	30	22	20	34	16	12	20	232 s	465 s
26	21	7	36		27	15	19		157 s	274 s

Ítem	Cantidades Propuestas				Tiempos establecidos en verde				Tiempo de despeje	
	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Algoritmo comparativo	Algoritmo establecido
27	19	35	32	17	34	16	12	20	260 s	584 s
28	14	13	17		27	15	19		129 s	181 s
29	20	23	21	16	34	16	12	20	202 s	339 s
30	36	12	15		22	17	32		158 s	234 s

### 3.4. Comparación de los resultados en tiempo de despeje de las simulaciones.

Finalmente es necesario comparar correctamente los resultados en tiempo de despeje de las simulaciones, para ello se hace uso de otros datos estadísticos presentes en las ecuaciones 14 y 15.

Tabla 14:

*Valores de comparación de la simulación*

Ítem	Cantidades Propuestas				Algoritmo comparativo		Algoritmo establecido		Porcentaje de tiempo individual
	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Tiempo de despeje	Flujo vehicular	Tiempo de despeje	Flujo vehicular	
1	31	10	6		142 s	0.331 /s	189 s	0.249 /s	75%
2	23	23	26	13	181 s	0.470 /s	465 s	0.183 /s	39%
3	11	24	16		125 s	0.408 /s	240 s	0.213 /s	52%
4	32	13	16		152 s	0.401 /s	237 s	0.257 /s	64%
5	49	9	7		131 s	0.496 /s	493 s	0.132 /s	27%
6	34	15	17		152 s	0.434 /s	233 s	0.283 /s	65%
7	13	19	5	8	131 s	0.344 /s	189 s	0.238 /s	69%
8	18	20	23		153 s	0.399 /s	246 s	0.248 /s	62%
9	10	14	5		118 s	0.246 /s	144 s	0.201 /s	82%
10	41	10	15		158 s	0.418 /s	235 s	0.281 /s	67%
11	16	22	25	9	185 s	0.389 /s	467 s	0.154 /s	40%
12	16	13	26		170 s	0.324 /s	274 s	0.201 /s	62%
13	36	11	16		144 s	0.438 /s	233 s	0.270 /s	62%
14	22	24	47	14	277 s	0.386 /s	1143 s	0.094 /s	24%
15	36	10	15		158 s	0.386 /s	231 s	0.264 /s	68%
16	54	12	6		182 s	0.396 /s	494 s	0.146 /s	37%
17	16	15	27		169 s	0.343 /s	176 s	0.330 /s	96%
18	55	8	6		129 s	0.535 /s	584 s	0.118 /s	22%
19	52	10	8		129 s	0.543 /s	498 s	0.141 /s	26%
20	16	22	24	12	184 s	0.402 /s	465 s	0.159 /s	40%
21	50	8	8		132 s	0.500 /s	493 s	0.134 /s	27%
22	33	10	16		152 s	0.388 /s	237 s	0.249 /s	64%
23	17	22	45	18	207 s	0.493 /s	842 s	0.121 /s	25%

Ítem	Cantidades Propuestas				Algoritmo comparativo	Algoritmo establecido		Porcentaje de tiempo individual	
	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Tiempo de despeje	Flujo vehicular	Tiempo de despeje		Flujo vehicular
24	18	11	7		108 s	0.333 /s	144 s	0.250 /s	75%
25	23	30	22	20	232 s	0.409 /s	465 s	0.204 /s	50%
26	21	7	36		157 s	0.408 /s	274 s	0.234 /s	57%
27	19	35	32	17	260 s	0.396 /s	584 s	0.176 /s	45%
28	14	13	17		129 s	0.341 /s	181 s	0.243 /s	71%
29	20	23	21	16	202 s	0.396 /s	339 s	0.236 /s	60%
30	36	12	15		158 s	0.399 /s	234 s	0.269 /s	68%
<b>Porcentaje de tiempo general</b>							<b>44%</b>		

En donde el flujo vehicular explica la cantidad de vehículos que pasaron por cada segundo de espera en el total de la simulación, gracias a estos datos se descubre que existe una reducción del tiempo de espera a un 24% como máximo, a un 96% como mínimo y a un 44% como un porcentaje general de todas las simulaciones.

#### IV. DISCUSIÓN

Las medidas estadísticas fueron el primer objetivo de la investigación, encontrándose en el resultado de la guía de observación, la tabla 11 y la figura 7, que las cantidades vehiculares menores son más comunes, ya que la frecuencia empieza siendo superior y luego disminuye de forma paulatina para finalmente volver a crecer.

Ya que esta guía de observación se ejecutó en cruces elegidos de forma intencional en donde se considera que existe una gran pérdida de tiempo es posible que los cruces vehiculares que usan un algoritmo de tiempos fijos sean deficientes sobre todo cuando los flujos vehiculares son pequeños.

Esto se demostró a su vez con los cuartiles, donde el cuartil del 75% es de 23.85 y por encima de esta cantidad solo se concentra el 25% de los datos hasta el valor de 55 vehículos por pista que es el mayor.

El hecho que se separe por cuartiles para luego seleccionar los valores con mayor frecuencia de aparición permite tener un espectro más amplio con los sensores, sin embargo, limita el detalle de la realidad trasapado al campo de la simulación y la programación del mismo algoritmo.

Los investigadores Almuraykhi y Akhlaq (2019) buscaron que el tráfico para los vehículos de emergencia como las ambulancias y camiones de bombero sea una experiencia de tránsito fluido por medio de un software o aplicación, sin embargo, en esta investigación se buscó el mejor desempeño en cuanto al tiempo de espera general de los vehículos y no se enfatizó sobre los vehículos de mayor prioridad

El siguiente punto a desarrollar fue la lógica de programación que permitió generar los algoritmos dentro del software, y existen múltiples investigaciones donde se hace uso de la lógica para generar una investigación.

Garibay y Garibay (2021) permitieron una señalización de forma inteligente para informar a los conductores vehiculares de la aproximación a una curva peligrosa mediante sensores; esta aplicación para evitar accidentes y dar un tiempo de reacción es similar a la intención de conocer la distancia a la que se encuentran los vehículos durante la presente investigación.

Valdés (2019) presentó la opción de asignar pesos a las variables en búsqueda de obtener una solución en tiempo real en relación a los resultados de las iteraciones de un programa y para comparar el desempeño de sus algoritmos se analizaron mediante su aplicación en un problema aleatorio, comprobando que el desempeño del algoritmo desarrollado fue superior; de forma similar a los resultados obtenidos al comparar el algoritmo comparativo y el de tiempos fijos en la presente investigación.

Albatish y Abu-Naser (2019) utilizando arduino y sensores de radiación desarrollan una propuesta de solución frente a la congestión del tráfico vehicular; esta investigación también propone desarrollarse por medio de sensores, software y hardware; sin embargo, no limita su aplicación a un programa en sí y se limita a mostrar los alcances del algoritmo por medio de simulación.

Frank et al (2019) desarrolla un sistema de control de tráfico basado en IoT y la medición de la densidad del tráfico real en la carretera utilizando técnicas de procesamiento de imágenes; esto se trata de una programación más compleja que la desarrollada en esta investigación ya que su procesamiento se desarrolla en la nube.

De igual manera Dhingra et al (2021) propone un prototipo de sistema de monitoreo de tráfico inteligente con incluso la posibilidad de detectar incidentes de tráfico, lo que muestra un desarrollo más manual sobre lo automático, ya que el control y toma de decisiones sobre los incidentes está a cargo de una persona.

Bounakada et al (2020) adaptaron la tecnología IoT para que sea capaz de implementarse a un sistema de semáforos inteligentes; lo que demuestra la capacidad de adaptación de los algoritmos a medios de mejora manteniendo la lógica de su funcionamiento, lo que en esta investigación se brindó y comprobó.

Ya con la lógica y los algoritmos fue posible hacer la simulación de los algoritmos, este punto permitió tener una naturaleza experimental, así como otras investigaciones y otros autores con la intención de proponer soluciones a problemas reales mediante la simulación computacional.

Pinto de Oliveira et al (2021) formularon rutinas para reportar el estado de funcionamiento de los semáforos y configurar un cronograma que se corroboró con similitudes teóricas, de manera similar a cómo la presente investigación compara los

resultados obtenidos por medio del algoritmo desarrollado con un algoritmo basado en la observación.

Según Alva y Andrade (2022) en su estudio de factibilidad se determinó que la implementación de un sistema inteligente de semáforos tendrá un efecto positivo en el tránsito de las zonas clave, al igual que los resultados otorgados durante las simulaciones y en los valores comparativos de estos.

Los resultados obtenidos por simulación se basan en el desarrollo del algoritmo y de acuerdo a los factores observados en la realidad y según Aguilar y Camargo (2021) un modelo predictivo es capaz de tener un acierto máximo del 97.1% al involucrar mayor cantidad de atributos relacionados con el comportamiento del objeto de estudio.

Tang et al (2019) propusieron procesar los datos de tránsito justo en el momento de su generación y en tiempo real con el fin de más adelante simularlo para evaluar el desempeño de la propuesta; al igual que la investigación actual propone un algoritmo lógico que al simularse logra ser eficiente en comparación con el algoritmo actual real.

Delgado (2022) analizó el funcionamiento de un semáforo tradicional en diferencia con un semáforo inteligente obteniendo ventajas en cuando a la reducción del tiempo de espera, mejor toma de decisiones y mayor control en el flujo vehicular; al igual que durante la presente investigación se logró disminuir de manera efectiva el tiempo de despeje.

El resultado final esperado a través de la metodología empleada fue la disminución del tiempo de despeje al usar el algoritmo comparativo en vez del algoritmo de tiempos fijos; para ello generaron medidas estadísticas sobre los cruces vehiculares en la ciudad de Trujillo, se generó la lógica de programación de ambos algoritmos y se comparó el resultado obtenido en la simulación de los mismos; para esta comparación se introdujeron valores aleatorios contemplados en los ítems de la primera guía de observación.

A pesar de ello en la tabla 13 se muestran los valores obtenidos para comprar el desempeño de los algoritmos; mostrando un flujo vehicular superior en el algoritmo comparativo durante el 100% de las simulaciones, un porcentaje de tiempo individual inferior al 96% con un promedio de 54% en total, y finalmente un porcentaje de tiempo general de 44% en donde se explica que en líneas generales el algoritmo comparativo tarda el menos de la mitad del tiempo que tarda el algoritmo de tiempos fijos en reducir a cero la cantidad operacional vehicular.

Y de acuerdo a Riofrío (2018) el análisis establecido sobre la viabilidad de un sistema de semaforización inteligente muestra un impacto del 30% en el tráfico vehicular, por lo que esta cifra es similar a la obtenida durante esta investigación.

Así mismo, Valero (2018) obtuvo una reducción de la demora del 50% durante la prueba de un algoritmo híbrido de algoritmos genéticos y lógica difusa para regular los parámetros de salida del modelo, el algoritmo comparativo explicado durante la presente investigación permite una reducción de hasta un 88% en el tiempo de espera de los vehículos.

## V. CONCLUSIONES

Las medidas estadísticas se obtuvieron mediante las dos observaciones y la información almacenada en las dos guías de observación para ser procesada por medio de softwares especializados; mostrando así medidas argumentativas sobre las cantidades vehiculares en Trujillo y su velocidad de recorrido.

Las medidas encontradas fueron que separando los datos en cuatro intervalos iguales estos empezarían desde el valor de 5 para seguir por 10.92, 16.67, 23.85 y 55 vehículos en donde dentro de estos intervalos los valores más repetitivos son 8, 16, 23 y 36 respectivamente.

Esto sirvió como base para los valores constantes de la programación visual por medio de LabVIEW de National Instruments y bloques de comando secuenciales de Case y While, así como demás operaciones matemáticas y órdenes lógicas para el computador.

Esto permitió a su vez simular los algoritmos en un total de 30 veces en los que se introdujeron valores aleatorios conseguidos durante la guía de la primera observación de modo que se simulan los valores encontrados con dos tipos de algoritmos.

Y al presentar en tablas los valores obtenidos en el tiempo de despeje de los algoritmos se percibe una reducción hasta al 44% del algoritmo comparativo sobre el algoritmo de tiempos fijos tradicional usado en la ciudad de Trujillo

Todo esto implica que los objetivos de la investigación fueron alcanzados para demostrar que un algoritmo que considere un panorama global del cruce vehicular que controla puede establecer mejores relaciones de tiempo en verde con la cantidad de vehículos y por lo tanto reduce la cantidad de tiempos de espera.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El uso del algoritmo comparativo debe ser contemplando todos los factores que puedan cambiar dependiendo del año y el parque automotor, así como de la ciudad misma y los eventos que estén aconteciendo, es decir, debe realizarse unas nuevas dos observaciones y así encontrar valores aplicables a la programación.

Así mismo, en caso se esté aplicando es necesario reevaluar la condición de las mediciones para calibrar los valores estadísticos usados; esto debe hacerse frecuentemente y evitar que exista un lapso de tiempo capaz de alterar considerablemente estos valores.

Durante la presente investigación se buscó tener una visión general del contexto y los parámetros que posiblemente desencadenen las pérdidas de tiempo en los cruces vehiculares, sin embargo, estas deben ser estudiadas a fondo para establecer métodos de recolección de datos más efectivos.

Esta investigación potencialmente podría ofrecer una solución a los semáforos convencionales de la ciudad que conllevan a un gran estrés en los ciudadanos sin la necesidad de recurrir a un semáforo inteligente basado en IoT que puede conllevar a más gastos no contemplados por el planeamiento municipal.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- "Sistema binario". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: Concepto.de.  
Disponibile en: <https://concepto.de/sistema-binario/>. Última edición: 2 de febrero de 2022. Consultado: 24 de septiembre de 2023
- A. Frank, Y. S. Khamis Al Aamri and A. Zayegh, "IoT based Smart Traffic density Control using Image Processing," 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC), Muscat, Oman, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICBDSC.2019.8645568.
- Aduviri, R. (2019). *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, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Alicia.  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15478>
- Aguilar, D. y Camargo, J. (2021). *Sistema inteligente basado en redes neuronales, máquina de soporte vectorial y random forest para la predicción de deserción de clientes en microcréditos de bancos* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero de sistemas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis.  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16390/Aguilar\\_vd.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16390/Aguilar_vd.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Álava, J. y Andrade, R. (2022). *Estudio de factibilidad para implementación de un sistema inteligente de control de tránsito en áreas críticas del Cantón Paján*. [Proyecto de titulación previo a la obtención del título de ingeniería en tecnologías de la información, Universidad Estatal del Sur de Manabí].  
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4568>
- Angalov, P., Soares, E., Jiang, R., Arnold, N. y Atkinson, P. (2021). Explainable artificial intelligence: an analytical review. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 11 (5). <https://doi.org/10.1002/widm.1424>
- Aranda, W. (2022, 08 de abril). Accidentes de tránsito en Trujillo aumentaron en 36% entre 2020 y 2021. *La República*.  
<https://larepublica.pe/sociedad/2022/04/08/accidentes-de-transito-en-trujillo->



- Esquivel, J. y Rodriguez, J. (2019). Propuesta de incorporación de semáforos inteligentes para mejorar el flujo vehicular en el cruce de las av. Salvador Lara con Hermanos Uceda Meza en la ciudad de Trujillo. [Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada Antenor Orrego].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/5934>
- F. Chen, P. Slusallek, M. Müller and T. Dahmen, "Chaldene: Towards Visual Programming Image Processing in Jupyter Notebooks," 2022 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC), Roma, Italy, 2022, pp. 1-3, doi: 10.1109/VL/HCC53370.2022.9832910.
- Fiwoo (s.f.). *Environmental Copenhagen: Red de sensores IoT*.  
<https://www.fiwoo.eu/environmental-copenhagen-red-de-sensores-iot/>
- Ganti, A. (2023). *Weighted Average: What Is It, How Is It Calculated and Used?* En *Investopedia*. Recuperado el 30 de septiembre, 2023, en  
<https://www.investopedia.com/terms/w/weightedaverage.asp>
- García, S. & Sarrazola, J. A. (2018). *Desarrollo de un semáforo portátil inteligente para el control del flujo vehicular*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12622/487>
- Garibay. B. y Garibay. E. (2021). Señalización preventiva con semáforo inteligente de aproximación vehicular en sentido contrario en curvas cerradas entre Huaral – Ancón. [Título para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/661071>
- Grant, S. (2020). ¿Qué es un sensor y qué hace? Dewesoft [Online].  
<https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>
- Gries, T. y Grundmann, R. (2015), *Fertility and modernization: The role of urbanization in developing countries*, Journal of International Development.
- Hadley, K. y Oyetunji, W. (2022). Extending the theoretical framework of numeracy to engineers. *Journal of Engineering Education*, 11 (2), 376 – 399.  
<https://doi.org/10.1002/jee.20453>

- Hayes, A. (2023). *Mode: What It Is in Statistics and How to Calculate It*. En *Investopedia*. Recuperado el 30 de septiembre, 2023, en <https://www.investopedia.com/terms/m/mode.asp>
- Hernández, D. (2021, 31 de marzo). Corea del Sur está probando semáforos inteligentes que sirven también para cargar drones y coches eléctricos. *Computer Hoy*. <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/corea-sur-probando-semaforos-inteligentes-sirven-tambien-cargar-drones-coches-electricos-840497#:~:text=Home-,Corea%20del%20Sur%20est%C3%A1%20probando%20sem%C3%A1foros%20inteligentes%20que%20sirven,cargar%20drones%20y%20coches%20el%C3%A9ctricos&text=En%20Se%20BAI%20ya%20est%C3%A1n%20probando,seguridad%20y%20hasta%20sensores%20ambientales>.
- Hill, R.K. What an Algorithm Is. *Philos. Technol.* 29, 35–59 (2016). <https://doi.org/10.1007/s13347-014-0184-5>
- Hou, Y., Wang, W., Wei, Z., Deng, X., Ji, Q., Wang, T. y Ru, X. (2020). Research and application of dynamic line rating technology. *Energy Reports* 6(9), 716 – 730. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.140>
- I. M. Albatish and S. S. Abu-Naser, "Modeling and Controlling Smart Traffic Light System Using a Rule Based System," 2019 International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET), Gaza, Palestine, 2019, pp. 55-60, doi: 10.1109/ICPET.2019.00018.
- K. M. Almuraykhi and M. Akhlaq, "STLS: Smart Traffic Lights System for Emergency Response Vehicles," 2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS), Sakaka, Saudi Arabia, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCISci.2019.8716429.
- Kaposi, A. (2020). On the Algebraic Definition of Programming Languages. *National Research Development and Innovation Office*. <https://www.inf.elte.hu/dstore/document/1797/Ambrus%20Kaposi%20-%20On%20the%20Algebraic%20Definition%20of%20Programming%20Language%20s.pdf>

- Kashimoto, Y., Lian, C., Yamazaki, Y., & Kamisaka, D. (2023). *First Study to Enhance Self-Determination Theory by Utilizing Social Justification*. <https://ceur-ws.org/Vol-3474/paper3.pdf>
- Koukab, A., Schmidt, N. y Arulappan, J. (2021). Effect of Repeated simulation experience on perceived self-efficacy among undergraduate nursing students. *Nurse Education Today* 106. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260691721003142>
- L. F. P. de Oliveira, L. T. Manera and P. D. G. D. Luz, "Development of a Smart Traffic Light Control System With Real-Time Monitoring," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 5, pp. 3384-3393, 1 March 1, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3022392.
- Li, Q., Li, Y., Zhang, Z., Zhang, Z. y Zhou, L. (2020). Quantitative investigations on multi-layer interface debonding behaviors for sisal fiber reinforced composites using acoustic emission and finite element method. *Composites Part B: Engineering* 196, 108-128. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108128>
- Liberto, D. (2023). *What Is a Quartile? How It Works and Example*. En *Investopedia*. Recuperado el 30 de septiembre, 2023, en <https://www.investopedia.com/terms/q/quartile.asp>
- Lins, M., Zandonadi, R. P., Strasburg, V. J., Nakano, E. Y., Botelho, R. B. A., Raposo, A., & Ginani, V. C. (2021). Eco-Inefficiency Formula: A Method to Verify the Cost of the Economic, Environmental, and Social Impact of Waste in Food Services. *Foods*, 10(6), 1369. <https://doi.org/10.3390/foods10061369>
- Loerakker, A. y Ristori, T. (2020). Computational modeling for cardiovascular tissue engineering: the importance of including cell behavior in growth and remodeling algorithms. *Current Opinion in Biomedical Engineering* 15, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cobme.2019.12.007>
- Martínez, G. (2022). Pasos de cebra y semáforos inteligentes: la ola de las 'smart cities' llega a Madrid. *El confidencial*. [https://www.elconfidencial.com/espana/madrid/2022-03-19/inteligencia-artificial- semaforos-peatones-madrid\\_3392794/](https://www.elconfidencial.com/espana/madrid/2022-03-19/inteligencia-artificial- semaforos-peatones-madrid_3392794/)

- Mera, R. y Salinas, W. (2018). Aplicación móvil de algoritmos de rutas óptimas y su efecto en el desplazamiento de los conductores de vehículos en la ciudad de Trujillo [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/14916>
- Merriam-Webster (s.f.). Time. En Merriam-Webster. Recuperado el 30 de septiembre, 2023, en <https://www.merriam-webster.com/dictionary/time>
- Merriam-Webster. (s.f.). Average. En Merriam-Webster. Recuperado el 30 de septiembre, 2023, en <https://www.merriam-webster.com/dictionary/average#word-history>
- National Instrument (2022). LabVIEW For Loops and While Loops Explained [Online]. <https://www.ni.com/en/support/documentation/supplemental/08/labview-for-loops-and-while-loops-explained.html>
- National Instrument (2023). Instrucciones Equivalent of If, If-Else y Switch de LabVIEW [Online]. <https://www.ni.com/es/support/documentation/supplemental/21/labview-equivalent-of-if--if-else--and-switch-statements.html>
- Oxford University Press. (s.f.). Traffic Light. En Oxford Learner's Dictionary. Recuperado el 30 de septiembre, 2023, en <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/traffic-light>
- Paula Nicole Roldán, 31 de julio, 2017.  
*Estadística*. Economipedia.com.  
<https://economipedia.com/definiciones/estadistica.html>
- Real Academia Española. (s.f.). Despejar. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 15 de enero, 2021, de <https://dle.rae.es/despejar>
- Real Academia Española. (s.f.). Vincular. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 15 de enero, 2021, de <https://dle.rae.es/vincular>
- Riofrío, M. (2018). *Análisis y simulación de un sistema de semaforización inteligente en el centro de la ciudad de Guayaquil*. [Trabajo de titulación en ingeniería en telecomunicaciones, Universidad de Guayaquil].  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/30006/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20MIGUEL%20RIOFRIO.pdf>

- Santiesteban, J. y Rojas, J. (2019). *Semáforo inteligente y congestión vehicular en la intersección de la avda. Luis Gonzales y la calle San José de la ciudad de Chiclayo* [Tesis para optar por el título profesional de ingeniero electrónico, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8076>
- Sheldon, R. (2022). Sensor [Online]. *Whatls.com*.  
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/sensor>
- Splash Learn (s.f.). Formula in Math – Definition, Examples, Practice Problems.  
<https://www.splashlearn.com/math-vocabulary/algebra/formula>
- Trujillo: instalan semáforos en 4 cruces con alto índice de accidentes (2014, 09 de abril). *RPP Noticias*. <https://rpp.pe/peru/actualidad/trujillo-instalan-semaforos-en-4-cruces-con-alto-indice-de-accidentes-noticia-683284>
- Universidad Nacional de San Juan (2009, 30 de marzo). Semáforos inteligentes. *Argentina Investiga*.  
[https://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=semaforos\\_inteligentes&id=478#:~:text=La%20UNSJ%20present%C3%B3%20un%20sistema,colocados%20debajo%20de%20las%20calzadas.](https://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=semaforos_inteligentes&id=478#:~:text=La%20UNSJ%20present%C3%B3%20un%20sistema,colocados%20debajo%20de%20las%20calzadas.)
- University of Idaho. (s.f.). Traffic Flow Parameters [Online].  
[https://www.webpages.uidaho.edu/niatt\\_labmanual/chapters/trafficflowtheory/theoryandconcepts/TrafficFlowParameters.htm](https://www.webpages.uidaho.edu/niatt_labmanual/chapters/trafficflowtheory/theoryandconcepts/TrafficFlowParameters.htm)
- Valdés, M. (2019). *Compressed Sensing Algoritmo Re-Weighted  $l_1$  con pesos actualizados resolviendo un problema dual* [Tesis de postgrado en ingeniería matemática, Universidad de la República].  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/21699/1/tm-valdesdini-matias.pdf>
- Valero, Y. (2018). *Propuesta de algoritmo híbrido adaptativo de semáforos para intersecciones viales*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Cybertesis. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16361>
- Villanueva, R. (2021). *Sistema inteligente basado en redes neuronales para la identificación de cáncer de piel de tipo melanoma en imágenes de lesiones*

*cutáneas* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero de sistemas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis.  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17574/Villanueva\\_ar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17574/Villanueva_ar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Yaxshiboyev, R. (2022). Development of a software and hardware complex for primary diagnostics based on deep machine learning. *Central asian journal of education and computer sciences (CAJECS)*, 1(4), 20–24. Recuperado de <https://cajecs.com/index.php/cajecs/article/view/v1i42>

## ANEXOS:

### Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos

**Objetivo:** Recolectar información sobre las características del tránsito

**Sujeto de investigación:** Ciudad de Trujillo

**Área de observación:** Calles, avenidas y carreteras

**Observadores:** Parra Castañeda, Kevin Jesús Gabriel

**Tiempo de observación:** Una hora diaria aproximadamente, cuatro veces a la semana, durante ocho semanas

#### Características a observar:

Cantidad de pistas en el cruce

Cantidad de carros por pista

Cantidad de carros por tamaño

Tiempo en verde por pista

Tabla 15:

*Guía de observación 1: Sobre cantidades vehiculares*

Ítem	Pistas	Cantidad de carros				Tamaños			Tiempo en verde			
		Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Peq	Med	Gran	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4
1	3	9	15	6		23	4	3	33	43	43	
2	3	14	12	8		31	1	2	33	43	43	
3	3	10	14	5		23	4	2	33	43	43	
4	3	11	24	16		42	5	4	27	15	19	
5	3	8	16	11		31	2	2	27	15	19	
6	3	18	20	23		37	12	12	27	15	19	
7	4	8	11	11	8	35	1	2	34	16	12	20
8	4	12	16	7	6	32	4	5	34	16	12	20
9	4	13	19	5	8	35	4	6	34	16	12	20
10	3	31	12	6		37	8	4	33	43	43	
11	3	29	13	8		34	9	7	33	43	43	
12	3	31	10	6		38	7	2	33	43	43	
13	4	23	30	22	20	75	17	3	34	16	12	20

Ítem	Pistas	Cantidad de carros				Tamaños			Tiempo en verde			
		Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4	Peq	Med	Gran	Pista 1	Pista 2	Pista 3	Pista 4
14	4	22	24	47	14	82	14	11	34	16	12	20
15	4	17	22	45	18	81	7	14	34	16	12	20
16	3	27	15	44		79	2	5	27	15	19	
17	3	22	13	42		67	6	4	27	15	19	
18	3	21	7	36		57	4	3	27	15	19	
19	3	36	10	15		47	7	7	22	17	32	
20	3	32	13	16		44	10	7	22	17	32	
21	3	36	11	20		51	9	7	22	17	32	
22	3	18	11	7		27	6	3	33	43	43	
23	3	15	9	5		23	5	1	33	43	43	
24	3	23	13	7		35	7	1	33	43	43	
25	4	14	23	21	11	55	9	5	34	16	12	20
26	4	12	18	15	9	42	6	6	34	16	12	20
27	4	23	23	26	13	67	10	8	34	16	12	20
28	3	16	13	26		47	5	3	27	15	19	
29	3	16	15	27		51	3	4	27	15	19	
30	3	14	13	17		38	3	3	27	15	19	
31	3	53	10	7		55	9	6	15	23	23	
32	3	51	12	7		52	11	7	15	23	23	
33	3	50	8	8		55	7	4	15	23	23	
34	3	33	12	19		46	10	8	22	17	32	
35	3	41	10	15		52	6	8	22	17	32	
36	3	33	10	16		47	7	5	22	17	32	
37	3	50	9	6		54	6	5	15	23	23	
38	3	55	8	6		57	7	5	15	23	23	
39	3	49	9	7		50	9	6	15	23	23	
40	3	55	9	7		59	7	5	15	23	23	
41	3	52	10	8		57	10	3	15	23	23	
42	3	54	12	6		60	7	5	15	23	23	
43	4	16	22	24	12	59	7	8	34	16	12	20
44	4	19	24	20	10	59	8	6	34	16	12	20
45	4	21	33	30	18	82	11	9	34	16	12	20
46	4	20	23	21	16	66	8	6	34	16	12	20
47	4	16	22	25	9	60	7	5	34	16	12	20
48	4	19	35	32	17	86	10	7	34	16	12	20
49	3	36	12	15		49	6	8	22	17	32	
50	3	34	15	17		52	9	5	22	17	32	
51	3	36	11	16		43	13	7	22	17	32	

**Objetivo:** Recolectar información sobre la velocidad de tránsito en la ciudad

**Sujeto de investigación:** Ciudad de Trujillo

**Área de observación:** Calles, avenidas y carreteras

**Observadores:** Parra Castañeda, Kevin Jesús Gabriel

**Tiempo de observación:** Una hora diaria aproximadamente, cuatro veces a la semana, durante ocho semanas

**Características a observar:**

Tiempo en verde

Cantidad de carros

Tabla 16:

*Guía de observación 2: Sobre tiempo en verde para cantidades vehiculares*

Ítem	Tiempo en verde	Cantidad de carros
1	10	5
2	10	6
3	10	5
4	10	5
5	10	6
6	10	6
7	10	6
8	10	6
9	10	6
10	15	9
11	15	9
12	15	9
13	15	10
14	15	8
15	15	8
16	15	10
17	15	9
18	15	9
19	20	12
20	20	12

<b>Ítem</b>	<b>Tiempo en verde</b>	<b>Cantidad de carros</b>
21	20	12
22	20	13
23	20	13
24	20	12
25	20	12
26	20	13
27	20	13
28	25	17
29	25	18
30	25	16
31	25	16
32	25	16
33	25	17
34	25	18
35	25	17
36	25	17
37	30	19
38	30	22
39	30	19
40	30	22
41	30	19
42	30	20
43	30	21
44	30	22
45	30	22

## Anexo 2: Matriz de consistencia

Tabla 17:

Matriz de consistencia

<b>Problema General</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>
<b>Principal</b>	<b>General</b>		<b>Dependiente</b>
¿En qué medida la tecnología de algoritmo comparativo en semáforos de un cruce vehicular modifica el tiempo de despeje?	Disminuir el tiempo de despeje de un cruce vehicular usando la tecnología de algoritmo comparativo en semáforos		Tiempo de despeje vehicular
<b>Secundario</b>	<b>Específicos</b>	El uso de la tecnología de algoritmo comparativo en semáforos logra disminuir el tiempo de despeje de un cruce vehicular de forma significativa.	<b>Independiente</b>
¿Cuáles son medidas estadísticas de cruces vehiculares en la ciudad de Trujillo?	Generar medidas estadísticas de cruces vehiculares en la ciudad de Trujillo.		
¿Cuál es la lógica de programación para el algoritmo comparativo en semáforos de tránsito?	Generar la lógica de programación para el algoritmo comparativo en semáforos de tránsito.		Tecnología de algoritmo comparativo
¿Cuál será el tiempo de despeje en cada algoritmo?	Simular los algoritmos		
¿Cuál es la comparación entre los resultados de tiempo de despeje según las simulaciones?	Comparar los resultados en tiempo de despeje de las simulaciones.		

*Nota: La operacionalización de variables se presenta en el siguiente anexo.*

### Anexo 3: Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 18:

*Cuadro de operacionalización de variables*

Variable	Definición teórica	Definición operativa	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Tiempo de despeje	El tiempo es una magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos (LaEdu, 2016). Dimensión física que representa la sucesión de estados por los que pasa la materia (Ragazzina, 2014)	Es el tiempo que tardará la simulación en tener cero vehículos en el total de los cruces.	Unidimensional  Dimensiones físicas	-	Minutos y segundos
Tecnología de algoritmo comparativo	Un algoritmo es un conjunto de instrucciones no ambiguas, ordenadas y finitas que permite, solucionar un problema, realizar un cómputo, procesar datos y llevar a cabo otras actividades (Segura, 2020)	Algoritmo lógico que compara magnitudes vinculadas a datos booleanos para establecer importancias.	Algoritmo que compara, mediante sensores de presencia, las distancias a las que se encuentran los vehículos más alejados en cada fila para identificar prioridad.	Vinculación de datos  Importancia operacional	-

LaEdu (2016). *Tiempo y clima, factores y elementos*. Obtenido de: <https://educativos.com/apuntes/archives/7927>

Ragazzina (2014). *Dimensión física*. Obtenido de: <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Dimensi%C3%B3n-f%C3%ADsica/2265575.html>

Segura, J. (2020). *Vuelta a clases: sobre protocolos, leyes y algoritmos*. Obtenido de: <https://www.infobae.com/opinion/2020/09/02/vuelta-a-clases-sobre-protocolos-leyes-y-algoritmos/>

*Nota: El tiempo de despeje no requiere indicadores ya que está definido por unidades físicas y la tecnología de algoritmo comparativo es subjetiva, por lo que no tiene unidad de medida*

## Anexo 4: Fichas técnicas de los vehículos

Figura 13:

Ficha técnica Kia Cerato



	VERSIONES		
	1.6 MT - L ONE	1.6 MT - L X PLUS	1.6 AT - L X PLUS
<b>GARANTÍA</b>	5 años o 100,000 Kilómetros (lo que ocurra primero).		
<b>MOTOR</b>			
Cilindrada	1.6L I4		
Potencia	128 HP / 6,300 rpm		
Torque	15.8 @ 4,850 (96) / rpm		
Cambio	Gearline		
<b>TRANSMISIÓN</b>			
Tracción	2WD		
Tipo / Nº de Velocidades	6 MT	6 MT	6AT
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>			
Largo / Ancho / Alto (mm)	4,640 / 1,800 / 1,460		
Distancia Entre Ejes (mm)	2,700		
Capacidad de Carga (kg)	502		
Tanque de Combustible (litros)	50		
Peso Neto (kg)	1,281	1,281	1,306
Neumáticos	195/55R15	205/55R16	205/55R16
Llave de Repuesto de Emergencia	-	-	-
Llave de Repuesto en Tamaño Normal	-	-	-
<b>MECÁNICA</b>			
Suspensión Delantero: McPherson	✓	✓	✓
Suspensión Posterior: Eje de Torsión	✓	✓	✓
Amortiguadores a Gas	✓	✓	✓
Directriz Electrónicamente Asistida (EPS)	✓	✓	✓
<b>EXTERIOR</b>			
Área de Bumper	12"	-	-
Área de Alarín	-	-	16"
Espejo Retrovisor eléctrico	✓	✓	✓
Espejo Retrovisor exteriores con cancela de color de carrocería	✓	✓	✓
Faro Delantero Halógeno	✓	✓	✓
Luces Diurnas LED	✓	✓	✓
Marques exteriores de color de la carrocería	✓	✓	✓
Pantilla frontal con botón comando	-	-	✓
Tomas de Aire Color Negro	Male	Male	Male
<b>INTERIOR</b>			
Air + Acondicionado Manual	✓	✓	✓
Altabavillos Eléctricos (E) y Sistema Auto down para Piloto	✓	✓	✓
Apoyabrazos Delanteros y Pochteras ajustables en altura	✓	✓	✓
Asientos Posterior en Abatibles (6:4)	✓	✓	✓
Bluetooth con reconocimiento de voz	✓	✓	✓
Cargador inalámbrico de smartphone	-	✓	✓
Cable Centralizado de Puertas	✓	✓	✓
Compartimento Portabultos	✓	✓	✓
Conexión USB / Aux - Conexión central	✓	✓	✓
Consola Central Apoyabrazos / Compart. De Almacenaje	✓	✓	✓
Controles de Audio en el Volante	✓	✓	✓
Espejo Retrovisor de 2 Posiciones (Day / Noche)	✓	✓	✓
Espejo de Visibilidad en Tapacabezas Piloto y Copiloto	-	-	-
Espejo de Visibilidad en Tapacabezas Piloto y Copiloto / Rumbación	-	✓	✓
Llave de Contacto Plegable con Control de Mando a Distancia	-	✓	✓
Moldura Bumper	✓	✓	✓
Parlantes 60	✓	✓	✓
Pasepeños Delanteros	✓	✓	✓
Regulador de altura en asiento Piloto	✓	✓	✓
Sistema Acústico de Sonido de Luces	✓	✓	✓
Radio Touch Screen de 8" / Apple Car Play & Android Auto inalámbrico + Cámara trasera	✓	✓	✓
Tapa de consola - 12v	✓	✓	✓
Volante Plegable en Altura y Profundidad	✓	✓	✓
<b>SEGURIDAD</b>			
Barra de Acero en Puertas Laterales	✓	✓	✓
Cámaras de Información Programada	✓	✓	✓
Checklist lado	✓	✓	✓
Ortomones de Seguridad Delanteros con Regulador de Altura	✓	✓	✓
Ortomones de Seguridad Posteriores	✓	✓	✓
Columna de Dirección colapsable	✓	✓	✓
Doble Airbag Frontal (Piloto y Copiloto)	✓	✓	✓
Airbag lateral y de cortina	-	✓	✓
ESC - Control Electrónico de Estabilidad	✓	✓	✓
Frenos Delanteros: Discos Ventilados	✓	✓	✓
Frenos Posteriores: Discos Sólidos	-	✓	✓
Frenos Posteriores: Tambor	✓	-	-
HAC - (Hill Assist Control) Sistema de Asistencia en Pendientes	-	✓	✓
Seguro para Niños en Puertas Posteriores	✓	✓	✓
Sistema de Anclaje para Silla de Niños - ISOFIX	✓	✓	✓
Sistema de Frenos ABS + EBD	✓	✓	✓
Tercera Luz de Freno	✓	✓	✓
FSC	DL54028105025 DL54028105034	DL540281100460 DL5402811002100	DL540281100180 DL540281100200

**5 AÑOS DE GARANTÍA**  
o 100,000 km.

**Cerato**

Recuperado de: [https://kia.com.pe/pdf/fichas\\_tecnicas/cerato.pdf](https://kia.com.pe/pdf/fichas_tecnicas/cerato.pdf)

Figura 14:

Ficha técnica Hyundai Grand i10



Especificaciones técnicas

	Grand i10 Hatchback				Grand i10 Sedán		
	GL	GL MID	GLS	NS	GL	GL MID	GLS
<b>Motor / Transmisión</b>							
Motor					1.2L		
Desplazamiento (cc)					1,197		
Cilindros					4 en línea		
Ratio de compresión					10.5:1		
Potencia (hp @ rpm)					83 @ 6,000		
Torque (lb-ft @ rpm)					84 @ 4,000		
Tipo de transmisión / No. velocidades	Manual / 5	Manual / 5, Automática / 4	Automática / 4	Manual / 5	Manual / 5	Manual / 5, Automática / 4	
Tracción	Delantera						
<b>Dinámica</b>							
Control Electrónico de Estabilidad (ESC)					•		
Control de Asistencia en Pendientes (HAC)					•		
<b>Suspensión</b>							
Suspensión delantera					McPherson		
Suspensión trasera					Eje de torsión		
<b>Dirección</b>							
Dirección Electro-asistida (MDPS)					•		
<b>Frenos</b>							
Delanteros					Discos		
Traseros					Tambor		
Sistema antibloqueo con asistencia de frenado (ABS)					•		
<b>Dimensiones Exteriores (mm)</b>							
Largo	3,805				3,995		
Ancho					1,680		
Alto					1,520		
Distancia entre ejes					2,450		
Entrevía delantera / trasera					1,488 / 1,503 (14") \ 1,476 / 1,491 (15")		
No. de puertas	5				4		
<b>Dimensiones Interiores (mm)</b>							
Espacio para la cabeza - delantera / trasera	1,010 / 985				1,010 / 960		
Espacio para las piernas - delantera / trasera					1,050 / 885		
Espacio para los hombros - delantera / trasera					1,326 / 1,325		
Espacio para cadera - delantera / trasera	1,259 / 1,201				1,259 / 1,189		
Área de carga en litros (VDA) - min. / máx.	260 / 1,210				402 / -		
<b>Pesos (kg)</b>							
Peso bruto vehicular	1,380 (manual) / 1,400 (automático)				1,400 (manual) / 1,420 (automático)		
Capacidad tanque de combustible (L)					37		
<b>*Consumo de combustible (km / L)</b>							
Ciudad	17.4 (manual) / 16.3 (automática)				18.1 (manual) / 17.1 (automática)		
Carretera	22.4 (manual) / 20.8 (automática)				24.7 (manual) / 19.3 (automática)		
Combinado	19.3 (manual) / 18.0 (automática)				20.5 (manual) / 18.0 (automática)		
*Los valores de rendimiento de combustible se obtuvieron en condiciones de laboratorio controladas y pueden no ser reproducidas ni obtenerse bajo situaciones de manejo convencionales.							
<b>Rines / Llantas</b>							
Rines	Aceros 14"	Aluminio 14"	Aluminio 15"		Aceros 14"	Aluminio 15"	
Llantas					165/70 R14, 175/60 R15		
Llanta de refacción tamaño completo	•				-		
Llanta de refacción temporal	-				•		

Recuperado de: <https://daltonhyundai.com.mx/ficha-tecnica/grandi10.pdf>

Figura 15:

Ficha técnica Chevrolet N300

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	1.2 MT PASAJEROS BASE	1.2 MT PASAJEROS FULL
<b>MOTOR</b>		
Cilindrada (l) / tipo de motor	1.2	1.2 DOHC con inyección MPFI
Dirección	Manual	Asistida (hidráulica)
Frenos delanteros / posteriores	De disco / tambor	
Número de cilindros / válvulas	4/16	
Potencia (hp@rpm)	81/605.300	
Suspensión delantera	Independiente MC Phorsan / Ballestas	
Torque (x.m@rpm)	106@4.000	106@4.000
Transmisión	MT/5	
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>		
Largo / ancho / alto (mm)	2995/1820/1915	
Capacidad de carga (kg)	500	
Distancia entre ejes (mm)	2.700	
Número de pasajeros (incluido piloto)	2/4/7	
Peso bruto del vehículo (kg)	1.215	1.375
Peso neto del vehículo (kg)	1.225	
Capacidad de carga	BASE 500kg / FULL 480kg	
<b>EQUIPAMIENTO INTERIOR</b>		
Aire acondicionado	-	✓
Alzavientos delanteros manuales	✓	
Asiento del conductor deslizable y reclinable en profundidad	✓	
Cenicero y encendedor	✓	
Espejo retrovisor interno	✓	
Guantero	✓	
Luz interior para lectura	✓	
Puercos	✓	
Puercos	✓	
Radio AM/FM con lector de CD/MP3 y dos parlantes	✓	
Regulación de altura de luces de faros delanteros	✓	
Tipo de asientos	Isla	
Volante de 3 rayos	✓	
<b>EQUIPAMIENTO EXTERIOR</b>		
Antena de radio	✓	
Espejos retrovisores rebatibles manualmente en color negro	✓	
Puertas laterales deslizable manualmente	✓	
Tipo de arco	acero con mates "M"	
Tipo de neumáticos	175/70R14	
<b>SEGURIDAD</b>		
Air bag frontal piloto	✓	
2 Apoyacabezas por fila de asientos	✓	
Barras laterales en puertas	✓	
Cinturones de seguridad en primera fila: 2 de 3 puntos	✓	
Cinturones de seguridad para los asientos de pasajeros	✓	
Faros halógenos	✓	
Columna de dirección colapsable	✓	
Tercera luz de freno	✓	

General Motors Perú S.A. se reserva el derecho de realizar cambios o modificaciones en las especificaciones, colores y equipamiento de sus modelos sin previo aviso. Imágenes referenciales.

**PARA EL TRABAJO,  
PARA LA FAMILIA.**

Con un excelente espacio interno, capacidad de hasta 7 personas y excelentes acabados más conductor, y excelente acabado, posee un motor 1.2L de 81hp que provee potencia en la medida y con mucha economía.



**COMODIDAD PARA TODOS.**

Sea para el uso comercial o particular, la comodidad es esencial. Por eso, la Van N300 MOVE ofrece innumerables opciones para tu confort. El volante posee tres rayos, los asientos delanteros son reclinables y deslizable, con apoyacabezas.



**PODER SIEMPRE A DISPOSICIÓN.**

La línea Van N300 MOVE de Chevrolet sobresale entre sus competidores por tener un potente motor de 4 cilindros, 1.2 litros de desplazamiento, 116 (81)hp, con inyección MPFI. Este motor le permite alcanzar sorprendentes 81hp@5.300RPM con óptimo consumo de gasolina.



Recuperado de: <https://www.chevrolet.com.pe/content/dam/chevrolet/south-america/peru/espanol/index/vans-and-commercial/2018-n300-move/02-pdfs/chevrolet-peru-n300-ficha-tecnica.pdf>

Figura 16:

Ficha técnica Toyota RAV4

4x4	
HEV 2.5 AWD Limited	
<b>Sistema Híbrido auto-recargable</b>	
Potencia máxima combinada (CV (kW))	222 (163) / 5.700

<b>Motor naftero</b>	
Modelo	Toyota A25A-FXS
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	2.487
Potencia máxima (CV(kW) / rpm)	175 (131) / 5.700
Torque máximo (Nm/ rpm)	221 / 3.600 - 5.200
Diámetro y carrera de pistón (mm)	87,5 x 103,4
Tipo	4 cilindros en línea
Alimentación	Inyección D4-S mixta (directa e indirecta)
Distribución	16 válvulas DOHC con cadena de distribución y Sistema VVT-IE (admisión) y VVT-i (escape)
Relación de compresión	14:1

<b>Motor eléctrico</b>	
Potencia máxima delantera (CV (kW))	118 (88)
Potencia máxima trasera (CV (kW))	53 (40)
Voltaje (V)	650
Torque máximo (Nm (Kgm))	121 (12,33)

<b>Batería del motor eléctrico auto-recargable</b>	
Tipo	Batería Níquel - Metal Hidruro (NiMH)
Voltaje (pack batería) (V)	244,8
Número de celdas	204 (84 módulos)
Capacidad (Ahv)	6,5

<b>Transmisión</b>	
Tipo	Transmisión automática eCVT, continuamente variable controlada electrónicamente, con modo secuencial y levas al volante
Tacción	Sistema eléctrico de tracción integral adaptativo AWD (All Wheel Drive) con selector de modos de conducción (4x4)

4x4	
HEV 2.5 AWD Limited	
<b>Dimensiones y Pesos</b>	
Largo / Ancho / Alto (mm)	4.600 / 1.855 / 1.685
Distancia entre ejes (mm)	2.600
Despeje mínimo del suelo (mm)	180
Radio mínimo de giro (m)	5,9
Peso en orden de marcha (kg)	1.755
Peso bruto total (kg)	2.230
Capacidad del tanque de combustible (l)	55
Capacidad de baúl (l)	733

<b>Chasis</b>		
Suspensión	Delantera	Independiente tipo MacPherson, con amortiguadores telescópicos, resortes helicoidales y barra estabilizadora
	Trasera	Independiente esquema doble horquilla con amortiguadores telescópicos, resortes helicoidales y barra estabilizadora
Dirección		Eléctricamente asistida (EPS)
Frenos	Delanteros	Discos ventilados de 305 mm de diámetro
	Traseros	Discos sólidos de 281 mm de diámetro

**COLORES DISPONIBLES**

SÚPER BLANCO    BLANCO PERLADO    NEGRO MICA    CELESTE METALIZADO    AZUL OSCURO METALIZADO  
 PLATA METALIZADO    GRIS OSCURO METALIZADO    ROJO METALIZADO    URBAN KHAKI

**TOYOTA**  
 Toyota Argentina S.A. Oficina Comercial: Thomson 2658, Edif. Est. 2da Pta (B1640NSA), Mar del Plata - Bs. As. - Argentina. Tel.: (01) 5194-4500 Fax: (01) 5194-4519. Planta Industrial Zárate: Ruta 12, Km 61 (B28000FA) Zárate - Bs. As. - Argentina. Tel.: (0347) 443000.  
 Para más información llame al: 0-800-888-TOYOTA (8698). Toyota Argentina S.A. se reserva el derecho de alterar cualquier parte de las especificaciones y equipamiento sin previo aviso. Las especificaciones y equipamiento están sometidos a cambios para adaptarse a las exigencias de otros mercados. En cuanto a los detalles de estos cambios que pueden ser necesarios en su zona, se ruega pedir información en su concesionario local. Nota: los vehículos fotografiados en este folleto pueden ser diferentes de los modelos disponibles en su zona. El color de las carrocerías de los vehículos puede ser ligeramente diferente del de las ilustraciones impresas en este folleto. Solo para empujones compatibles. Verificar la compatibilidad de su modelo de empujón con su respectivo fabricante. Los modelos adquiridos en la Argentina a través de un concesionario oficial cuentan con una garantía de 5 años o 150.000 km (lo que ocurra primero). La garantía, mientras siga vigente, es transferible.

Recuperado de: <https://cdn.motor1.com/pdf-files/ficha-tecnica-toyota-rav4-2022.pdf>

Figura 17:  
Ficha técnica Kia Picanto



	VERSIONES			
	1.0 MT - LX	1.0 MT - LX + MOPS	1.0 MT - LX Plus	1.2 AT - LX Plus
Garantía	5 años o 100,000 kilómetros (lo que ocurra primero)			
<b>MOTOR</b>				
Cilindros	1.0 L			1.2 L
Potencia	66 HP / 5,000 rpm			82 HP / 6,000 rpm
Torque	9.7 @ 3,750 (kg.M / rpm)			12.4 @ 4,000 (kg.M / rpm)
Combustible	Gasolina			
<b>TRANSMISIÓN</b>				
Trazón	2WD			
Tipo / Nº de Velocidades	5MT	5MT	5MT	4AT
<b>DIMENSIONES Y CAPACIDADES</b>				
Largo / Ancho / Alto (mm)	3,945 / 1,695 / 1,495			
Distancia Entre Ejes (mm)	2400			
Capacidad de Maletero (Litros)	255			
Peso Bruto (Kg)	1,370			
Neumáticos	135/65R14			
Llanta de Repuesto de Emergencia	✓	✓	✓	✓
<b>MECÁNICA</b>				
Suspensión Delanteras McPherson	✓	✓	✓	✓
Suspensión Posterior Eje de Torsión	✓	✓	✓	✓
Amortiguadores a Gas	✓	✓	✓	✓
Dirección Mecánica	✓	-	-	-
Dirección Electrónicamente Asistida (MOPS)	-	✓	✓	✓
<b>EXTERIOR</b>				
Arroz de Hierro 16" con vainas cobertores	✓	✓	✓	✓
Desempañador de vidrio posterior	✓	✓	✓	✓
Espejos Retrovisores exteriores con carcasas de color	Negro	Negro	Color Carrocería	Color Carrocería
Espejos Retrovisores exteriores eléctricos	-	-	✓	✓
Manijas exteriores de color de la carrocería	-	-	✓	✓
Spoiler posterior	✓	✓	✓	✓
<b>INTERIOR</b>				
Aire acondicionado manual	-	-	✓	✓
Abajaluz eléctricos delanteros y traseros	-	-	✓	✓
Apoyacabezas delanteros regulables en altura	✓	✓	✓	✓
Bluetooth	✓	✓	✓	✓
Cámara de retroceso integrada en Radio Touch Screen	✓	✓	✓	✓
Cierre Centralizado de Puertas	✓	✓	✓	✓
Cobertor de maletero	✓	✓	✓	✓
Conexión USB / Toma de corriente 12 V	✓	✓	✓	✓
Control de Audio en el Volante	✓	✓	✓	✓
Espejo Retrovisor de 3 Posiciones (Día y Noche)	✓	✓	✓	✓
Espejo de visibilidad en tapacristal	-	-	✓	✓
Maletero iluminado	✓	✓	✓	✓
Pantallas (2)	✓	✓	✓	✓
Pasajeros Delanteros	✓	✓	✓	✓
Sistema de Entretenimiento 9" con Reproductor MP3/Multimedia	✓	✓	✓	✓
Volante Regulable en Altura	-	✓	✓	✓
<b>SEGURIDAD</b>				
Airbag Piloto	✓	✓	-	-
Airbag Piloto y Copiloto (Doble)	-	-	✓	✓
Barra de Acero en Puertas Laterales	✓	✓	✓	✓
Carcasa de Deformación Programada	✓	✓	✓	✓
Chasis reforzado	✓	✓	✓	✓
Cinturones de Seguridad Delanteros	✓	✓	✓	✓
Cinturones de Seguridad Posteriores	✓	✓	✓	✓
Columna de Dirección colapsable	✓	✓	✓	✓
Seguro para niños en puertas posteriores	✓	✓	✓	✓
Frenos de Discos Delanteros	✓	✓	✓	✓
Frenos de Tambor	✓	✓	✓	✓
Sistema de andaje para silla de niños - ISOFIX	✓	✓	✓	✓
Sistema de Frenos ABS + EBD	-	-	✓	✓
Tercera Luz de Freno	✓	✓	✓	✓
FSC	G656C8E02D00R G656C8E0200C	G656C8E02D00S G656C8E0200D	G656C8E02D00T G656C8E0200E	G656C8E02D00T G656C8E0200E

Fotos y equipamiento referencial que pueden variar sin previo aviso. Para más información y última actualización ir a [kia.com.pe](http://kia.com.pe)  
 La actualización de los sistemas operativos de gestión de datos y control de motores de los vehículos puede ser diferente a la mostrada y no necesariamente se aplican a todos los modelos.

10/2022



Picanto

Recuperado de; [https://kia.com.pe/pdf/fichas\\_tecnicas/picanto.pdf](https://kia.com.pe/pdf/fichas_tecnicas/picanto.pdf)

Figura 18:

Ficha técnica Hyundai Accent

MARCA	HYUNDAI				
	ACCENT				
MODELO	MT COMFORT	MT COMFORT + AC	MT FULL	AT FULL	AT SPORT
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>					
Motor	I4 Kappa MPI DOHC				
Número de cilindros	04 en línea				
Número de válvulas	16				
Potencia máxima (hp / RPM)	99 / 6,000				
Torque máximo (kgm / RPM)	13.5 / 4,000				
Cilindrada (cc)	1,368				
Tipo de combustible	Gasolina				
Transmisión	Mecánica de 6 velocidades / Automática de 6 velocidades				
Relación de compresión	10.5 : 1				
Suspensión delantera	McPherson				
Suspensión posterior	CTBA				
Dirección	Asistida Electrónica con				
Frenos Delanteros	Discos ventilados				
Frenos Posteriores	Tambor			Discos Sólidos	
Neumáticos		185/65 R15			195/55 R16
<b>DIMENSIONES</b>					
Longitud (mm)	4,440				
Ancho (mm)	1,729				
Alto (mm)	1,460				
Distancia entre ejes (mm)	2,600				
Peso bruto vehicular (kg)	MT: 1,540 / AT: 1,570				
Capacidad de la maletera (L)	480 L				
<b>EXTERIOR</b>					
Área de Alacón	-		De 10"		De 10"
Llanta de Repuesto Tamaño Normal			De Pleno		
Espejo Externo del Color de la Carrocería					
Espejo Retrovisor Externo A batientes		Manuales			Eléctricos
Espejo Retrovisor Externo Eléctrico					
Espejo Externo con Intermitente					
Parrilla Delantera					
Molduras Externas del Color de la Carrocería	Negro			Negro y cromado	
Faros Nebleros					
Tercera Luz de Freno					
Antena Deportiva en el Techo					
Vidrios Tintados					
Sunroof					
Escarpines					
<b>INTERIOR</b>					
Parlantes Delanteros y Posteriores					
Twintela					
Timón Regulable en Altura					
Timón Regulable en Altura y Profundidad					
Timón y Palanca de Cambios con Acabados de Cuero					
Calefacción y Ventilación					
Aire Acondicionado					
Espejo Interior Retrovisor Electrocrómico (Foto sensible)					
Cierre Centralizado de Puertas					
Lunas Eléctricas Delanteras y Posteriores					
Lunas Eléctricas con Función "Safety"					
Apertura Interior de Maletero de Combustible					
Cenicero y Encendedor					
Desempañador Posterior					
Paseos Delanteros					
Tapazoal con Espejo (Piloto y Copiloto)					
Compartimento para Lentes					
Luz de Lectura Para Mapas					
Luz de Salón					
Luz de Maletero					
Llave Tipo Folding					
Asiento del Conductor Regulable en Altura					
Apoya Cabezas Delantero Regulable en Altura					
Apoya Cabezas Trasero Regulable en Altura					
<b>TECNOLOGÍA</b>					
Radio Tacit de IP con Función Apple Car Play y Android Auto					
Control de Audio al Volante					
Bluetooth (Reconocimiento de Voz)					
Cámara de Retroceso					
Encendido de Luces Automático					
Computadora de Viaje					
<b>SEGURIDAD</b>					
Airbag (Piloto y Copiloto)					
Frenos ABS					
Control Electrónico de Estabilidad (ESC)					
Control de Adherencia en Pendiente (HAC)					
Barra de Acero en Puertas Laterales					
Carrocería de Deformación Programada					
Chasis Reforzado					
Columna de Dirección Colapsable					
Parabrisas Laminado					
Peñón de Seguridad Para Niños					
Arcojones ISOFIX para Niños					
Inmovilizador de Motor					
<b>GARANTÍA</b>	<b>5 años con kilometraje ilimitado</b>				

Características técnicas sujetas a cambios sin previo aviso según modelo. Fotos referenciales. Fecha de emisión enero 2022.



<https://hyundai.pe/wp-content/uploads/2022/11/FT-HYUNDAI-NEW-ACCENT.pdf>

Figura 19:

Ficha técnica Toyota Etios

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**ETIOS**



Nombre del modelo	ETIOS 1.6 MT	
Garantía	5 años o 150,000 km	
<b>DIMENSIONES Y PESOS</b>		
Longitud / ancho / alto	mm	4,266 / 1,695 / 1,510
Batalla	mm	2,550
Distancia libre al suelo	mm	155
Peso bruto / peso neto	kg	1,430 / 1,008
Trocha delantera / trocha posterior	mm	1,480 / 1,486
<b>MOTOR DE GASOLINA Y TRANSMISIÓN</b>		
Tipo	2NB-FE	
Cilindrada	cm <sup>3</sup>	1,496
Número de cilindros	4 cilindros en línea	
Potencia	HP / RPM	101.9 / 6,000
Relación de compresión	a 1	11.5
Sistema de adición de combustible	Inyección electrónica de combustible (EFI)	
Transmisión	Tipo	5MT
Torque	kg m / RPM	13.9 / 4,200
Válvulas	16, DOHC, Dual VVT-i	
<b>CARROCERÍA</b>		
Arca	Medida y tipo	14" de acero
Capacidad del tanque de combustible	L / gal	45 / 11
Capacidad de maleteros	L	562
Frenos	Delanteros / posteriores	Discos ventilados / tambor
Neumáticos	Medida	175 / 65 R14
Radio mínimo de giro (rueda)	m	4.1
Suspensión	Delantera / posterior	Independiente McPherson con barra estabilizadora / barra de torsión con barra estabilizadora
Tacción	2WD delantera	
Tipo de asistencia de dirección	Eléctrica (EPS)	
<b>SEGURIDAD Y ASISTENCIA</b>		
Airbags	Cantidad	2
	Descripción**	P, C
Frenos antibloqueo (ABS)	Sí	
*** P: Piloto / C: Copiloto		
<b>EQUIPAMIENTO INTERIOR</b>		
Aire acondicionado	Tipo	Manual
Calefacción	Sí	
Alarma	Integrada	
Apertura remota de puertas	Sí	
Asientos	Material	Tela estándar
	Piloto	Abotacado, reclnable, deslizable, regulable en altura
	Copiloto	Abotacado, reclnable, deslizable
	Posteriores (2*)	Fijos con sistema ISOFIX
Cierre centralizado de puertas	Sí	
Cinturones de seguridad	Delanteros	2 de 3 puntos con ELR, con pretensiones y limitadores de fuerza
	Posteriores (2*)	3 de 3 puntos
Control de luces	Delanteros / posteriores	Eléctrico
	Función: One Touch Up/Down	Piloto
Control de espejos retrovisores exteriores	Control	Manual
	Función	Color, abatibles manualmente
Inmovilizador de motor	Sí	
Modos de manejo	Indicador de manejo ECO	Sí
Pantalla multi-información	TFT (4.2")	
Sistema de audio	Con función AM/FM, CD, USB, Bluetooth, AUX y 4 parlantes	
Tiñido	De uretano, regulable en profundidad	
<b>EQUIPAMIENTO EXTERIOR</b>		
Antena	Tipo	Estándar
Faros delanteros	Tipo	Halógenos tipo multireflector
Faros posteriores	Tipo	Halógenos
Luces direccionales	Tipo	Halógenos
Luces	Parabrisas	Laminado, tintado en verde
	Laterales delanteros	Tintadas en verde
	Laterales posteriores	Tintadas en verde
	Posterior	Tintada en verde
Neumático de repuesto	Medida y tipo	14" de acero
	Ubicación	Maletero

<https://www.toyotaperu.com.pe/sites/default/files/CATALOGO-AUTO-ETIOS-PERU.pdf>



Figura 22:

*Ficha técnica Toyota Hiance*

## Escoge tu toyota

Especificaciones	
HIACE PANEL TECHO BAJO (DX) - MT	
Nombre del Modelo	PANEL TECHO BAJO (DX) - MT
Garantía	5 años o 150,000 km
Garantía de sistema híbrido	N.A.

Dimensiones y pesos	
HIACE PANEL TECHO BAJO (DX) - MT	
Longitud (mm.)	5,265
Ancho (mm.)	1,950
Alto (mm.)	1,990
Ángulo de ataque (°)	15.2
Ángulo de salida (°)	15.4
Ángulo ventral (°)	---
Batalla (mm.)	3,210
Distancia libre al suelo (mm.)	179.5
Peso bruto (Kg.)	3,300
Peso neto (Kg.)	2,175
Trocha delantera (mm.)	1,675
Trocha posterior (mm.)	1,670

Tolva	
HIACE PANEL TECHO BAJO (DX) - MT	
Ancho (mm.)	N.A.
Alto (mm.)	N.A.
Longitud (mm.)	N.A.

Motor de Combustión y Transmisión	
HIACE PANEL TECHO BAJO (DX) - MT	
Tipo	1GD Turbo Diesel Intercooler
Cilindrada (cm3)	2,755
Número de cilindros	4 cilindros en línea
Potencia (HP / RPM)	174.3 / 3,400
Relación de compresión (a 1)	15.6
Sistema de admisión de combustible	Common Rail
Sistema DPF (Filtro de partículas diesel)	---
Transmisión (Tipo)	6iMT
Transmisión (Secuencial)	N.A.
Transfer 4x4	N.A.
Torque (Kg-m / RPM)	42.7 / 1,400 - 2,600
Válvulas	16, DOHC

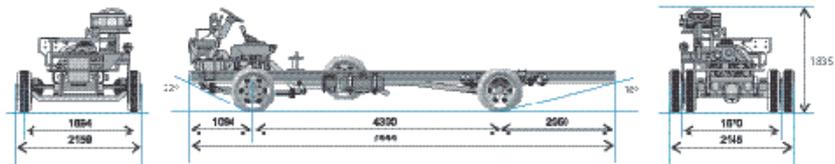
Figura 23:

Ficha técnica Volkswagen 9.160 OD



Volkswagen 9.160 OD		
<b>MOTOR</b>		
Marca / Modelo	Cummins / ISF 160	
N° de cilindros / Cilindrada (cm³)	4 / 3.000	
Potencia máx. máx. - CV (kW) a rpm (*)	180 (132) a 2.600	
Par motor máx. máx. - Nm (kg-m) a rpm (*)	593 (51) a 1100 - 1100	
Sistema de inyección	Common Rail	
Compresor de aire	Wabco (106 cm³)	
Norma de emisiones	Euro 5	
Tecnología de emisiones	SCR	
(*) Valores conforme ensayo ISO 1585		
<b>TRANSMISIÓN</b>		
Marca / Modelo	ZF / 5S-420	
Tipo / Acionamiento	Manual / a cables	
N° de marchas	5 (sincronizadas) + 1	
Relaciones de transmisión	1** 5,72:1	
	2* 2,73:1	
	3* 1,61:1	
	4* 1,02:1	
	5* 0,78:1	
	R 5,26:1	
Torción	4x2	
** Inhibidor electrónico de 2ª Marcha		
<b>EMBRAGUE</b>		
Marca / Tipo	Volvo / mecánico seco, revestimiento angular	
Accionamiento	"Push Type", hidráulico asistido por aire	
Diámetro del Disco (mm)	333	
<b>EJE DELANTERO</b>		
Marca / Modelo	Sileo / TK	
Tipo	Viga "I" en acero forjado	
<b>EJE TRASERO MOTRIZ</b>		
Marca / Modelo	Meritor MS 13-113	
Tipo	Eje rígido con carcasa fundida y bridas forjadas	
Relación de reducción	4,30:1 (3x) / 4,56:1 (2pc.)	
<b>SUSPENSIÓN</b>		
Delantera	Ballestas principales semielásticas de acción progresiva, amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble acción y barra estabilizadora	
Trasera	Ballestas principales semielásticas de acción progresiva, ballestas auxiliares parabólicas, amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble acción y barra estabilizadora	
<b>RUEDAS</b>		
Límites	Acero, 6,9 x 17,5	
Neumáticos	215/75R17,5	
<b>FRENOS</b>		
Freno de servicio	Aire, también en los ejes delantero y trasero	
Tipo / Circuito	S-cara / circuitos independientes, depósito triple y vacador de aire con filtro de coque	
Freno de estacionamiento	Cámaras de empuje accionadas	
Activación	Resortes de bridas	
Accionamiento	Volante mecánico en el tablero de instrumentos	
Freno Auxiliar	Freno a motor, sistema tipo motoriza en el lado de escape	
Seguridad Activa	ABS (Anti-lock Brake System) + EBD (Electronic Brake Distribution)	
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		
Tensión nominal	24 V	
Batería	2x (12V - 130 AH)	
Alternador	80A - 28V	
<b>VOLUMENES DE ABASTECIMIENTO (litros)</b>		
Tanque de combustible / Material	150 / Plástico	
Cilindrón con filtro	13,0	
Caja de velocidades	3,2	
Eje trasero	4,0	
Difusión	2,5	
Sistema de refrigeración	21,0	
Tanque de Línea	23,0	
<b>DIMENSIONES (mm)</b>		
Distancia entre ejes	4.300	
Voladizo delantero	1.094	
Voladizo trasero	2.050	
Largo Total	7.444	
Ángulo de entrada	22°	
Ángulo de salida	10°	
<b>PESOS (KG)</b>		
Peso en orden de marcha (Total)	2.803	
Eje delantero	1.769	
Eje trasero	1.115	
Capacidad/carga (Total)	9.200	
Eje delantero	3.200	
Eje trasero	6.000	
*Cita: Los pesos pueden sufrir alteraciones debido a las opciones.		
<b>DESEMPEÑO (Cálculo Teórico)</b>		
Relación de reducción eje trasero	4,30 (3x)	4,56:1 (2pc.)
Velocidad máxima (km/h)	115	89
Capacidad de carga con PBT (%)	43	42
Parada en campo con PBT (%)	31	31
*Cita: Datos proyectados por simulación de rendimiento (3x) (Delantero / Eje) Opcional		

Los pesos pueden estar indicados por zonas y sufrir alteraciones debido a las opciones. Los datos técnicos pueden actualizarse sin previo aviso. Ingeniería en construcción, Octubre 2016



Utiliza y Recomienda



Recuperado de: <https://www.vwcamionesybuses.com.ar/storage/modelo/21/ficha-602e0a51a0f078d9d8ae049e7e3b73ac.pdf>

Figura 24:

Ficha técnica Volkswagen 15.190 OD

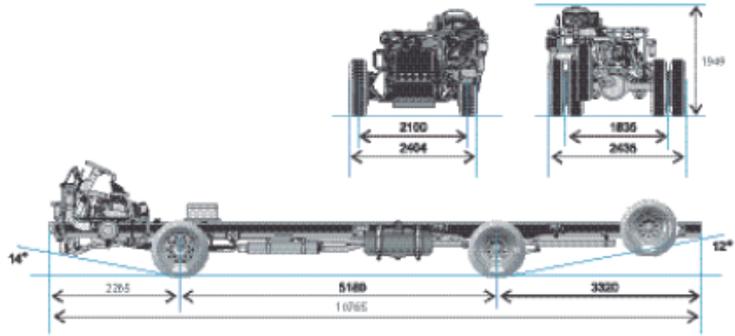


Volkswagen 15.190 OD

MOTOR	
Marca / Modelo	MAN D08 34 190
N° de cilindros / Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	4 / 6.600
Potencia nominal - CV (kW) a rpm (*)	180 (132) a 2400
Par motor máx. - Nm (kg-m) a rpm (*)	700 (51) a 1100 - 1.600
Sistema de inyección	Common Rail
Compresor de aire	Wabco (228 cm <sup>3</sup> )
Norma de emisiones	Euro 5
Tecnología de emisiones	DOF (Recirculación de gases de escape)
(*) Velocidad constante en marcha 100 km/h	
TRANSMISIÓN	
Marca / Modelo	ZF 6S 1010 60      ZF 6AS 1013B0
Tipo / Acionamiento	Manual / a cables      Automatizada
N° de marchas	6 (mecanizada) + 1      6 (mecanizada) + 1
Relaciones de transmisión	1** 6,75:1      6,75:1
	2* 3,68:1      3,68:1
	3* 2,13:1      2,13:1
	4* 1,38:1      1,38:1
	5* 1,00:1      1,00:1
	6* 0,78:1      0,78:1
	R. 6,06:1      6,06:1
Torción	4x2
** Inhibidor electrónico de 2ª Marcha (sólo aplica al manual)	
EMBRAGUE	
Marca / Tipo	Sachs / mecánico seco, revestimiento orgánico
Acionamiento	"Push Type", hidráulico asistido por aire
Diámetro del Disco (mm)	235
EJE DELANTERO	
Marca / Modelo	Silber 10K
Tipo	Viga "I" en acero forjado
EJE TRASERO MOTRIZ	
Marca / Modelo	Menzel MD 23-150
Tipo	Eje rígido en acero estampado
Relación de reducción	5,88:1 (34) / 6,57:1 (30pc)
SUSPENSIÓN	
Delantero	Ballestas serpentines de doble etapa. Amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble acción. Barra estabilizadora
Trasero	Ballestas principales serpentines de acción progresiva. Ballestas auxiliares parabólicas. Amortiguadores hidráulicos telescópicos. Barra estabilizadora
RUEDAS	
Límites	Acero, 7,5 x 22,5
Númericas	275/60 R22,5

FRENSOS		
Freno de servicio	Aire, también en los ejes delanteros y traseros	
Tipo / Circuito	S-cama / circuito doble, independiente, depósito de aire, secador de aire con filtro coalescente	
Freno de estacionamiento	Cableado de mando acanalado	
Activación	Resaca trasera	
Acionamiento	Manija reguladora en el tablero de instrumentos	
Freno Auxiliar	Freno motor de cableado y válvula tipo mariposa + MAN Exhaust Valve Brake (EVB)	
Seguridad Activa	ABS (Anti-lock Brake System) + EBD (Electronic Brake Distribution) + Asistente de partida en pendiente (versión ZF Automatizada)	
SISTEMA ELÉCTRICO		
Tensión nominal	24V	
Batería	2 x 12V - 175Ah	
Alternador	60A - 28V	
VOLUMENES DE ABASTECIMIENTO (litros)		
Tanque de combustible / Material	275 / Plástico	
Carter con filtro	16,5	
Caja de velocidades	5,2	
Eje trasero	21,0	
Difusión	2,0	
Sistema de refrigeración	24,0	
DIMENSIONES (mm)		
Distancia entre ejes	5.180	
Voladizo delantero	2.265	
Voladizo trasero	3.320	
Largo Total	10.765	
Ángulo de entrada	14°	
Ángulo de salida	12°	
PESOS (KG)		
Peso en orden de marcha (Total)	4.763	
Eje delantero	2.910	
Eje trasero	1.845	
Capacidad/carga (Total)	15.500	
Eje delantero	5.500	
Eje trasero	10.000	
Otro: Los pesos pueden variar ligeramente debido a las opciones.		
DESEMPEÑO (Cálculo Teórico)		
Relación de reducción eje trasero	5,88:1 (34)	6,57:1 (30pc)
Velocidad máxima (km/h)	103	90
Capacidad de carga con PBT (%)	34	30
Pérdida en carga con PBT (%)	30	34
Otro: Datos proyectados por simulación de rendimiento (34) (Delantero) / (30pc) (Opcional)		

Los pesos pueden estar inflados por errores de redondeo y otras alteraciones debidas a las opciones. Los datos técnicos pueden actualizarse sin previo aviso. Imágenes no contractuales. Octubre 2016



Utiliza y Recomienda



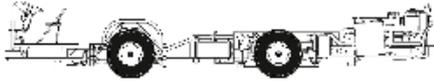
Recuperado de: <https://www.vwcamionesybuses.com.ar/storage/modelo/22/ficha-95b4d5091ed818653bc762dc92294185.pdf>

Figura 25:

*Ficha técnica Mercedes Benz OC 500 LE*

9/10/23, 8:18

OC 500 LE: Todos los datos – Mercedes-Benz Autobuses y autocares



OC 500 LE

—

**Medidas**

Longitud [mm]	8.770
Anchura [mm]	2.400
Batalla de eje delantero a eje propulsor [mm]	3.000
Tamaño de neumáticos	295/80 R 22,5
Voladizo delantero [mm]	2.570
Voladizo trasero [mm]	3.200
Ángulo de inclinación delante [°]	min/max: 8,4/8,8
Ángulo de inclinación detrás [°]	min/max: 6,9/7,4

**Propulsión**

Motor	Mercedes-Benz OM 936
Motor 2*	Mercedes-Benz OM 936
Tipo de motor	Motor de seis cilindros en línea
Potencia nominal [kW]	220
Potencia nominal 2* [kW]	260

[https://www.mercedes-benz-bus.com/es\\_ES/models/oc-500-le-euro-6/facts.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/es_ES/models/oc-500-le-euro-6/facts.html)

2/5

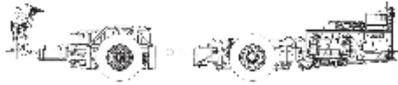
Recuperado de: [https://www.mercedes-benz-bus.com/es\\_ES/models/oc-500-le-euro-6/facts.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/es_ES/models/oc-500-le-euro-6/facts.html)

Figura 26:

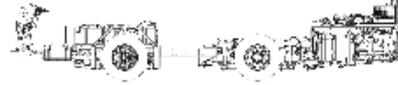
*Ficha técnica Mercedes Benz OC 500 RF*

9/10/23, 8:20

OC 500 RF: Todos los datos – Mercedes-Benz Autobuses y autocares



OC 500 RF 1930 / 1936



OC 500 RF 1939 / 1943



OC 500 RF 2543

	OC 500 RF 1930 / 1936	OC 500 RF 1939 / 1943
<b>Medidas</b>		
Longitud [mm]	8.870	8.870
Anchura [mm]	2.400	2.400
Batalla de eje delantero a eje propulsor [mm]	3.000	3.000
Batalla de eje propulsor a eje de arrastre [mm]	-	-
Tamaño de neumáticos	295/80 R 22,5	295/80 R 22,5
Voladizo delantero [mm]	min/max: 2.200 / 2.570	min/max: 2200/2570

[https://www.mercedes-benz-bus.com/es\\_ES/models/oc-500-rf-euro-5/facts.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/es_ES/models/oc-500-rf-euro-5/facts.html)

2/6

Recuperado de: [https://www.mercedes-benz-bus.com/es\\_ES/models/oc-500-rf-euro-5/facts.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/es_ES/models/oc-500-rf-euro-5/facts.html)

## Anexo 5: Capturas de pantalla de las simulaciones del algoritmo comparativo

Figura 27:

*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 1*

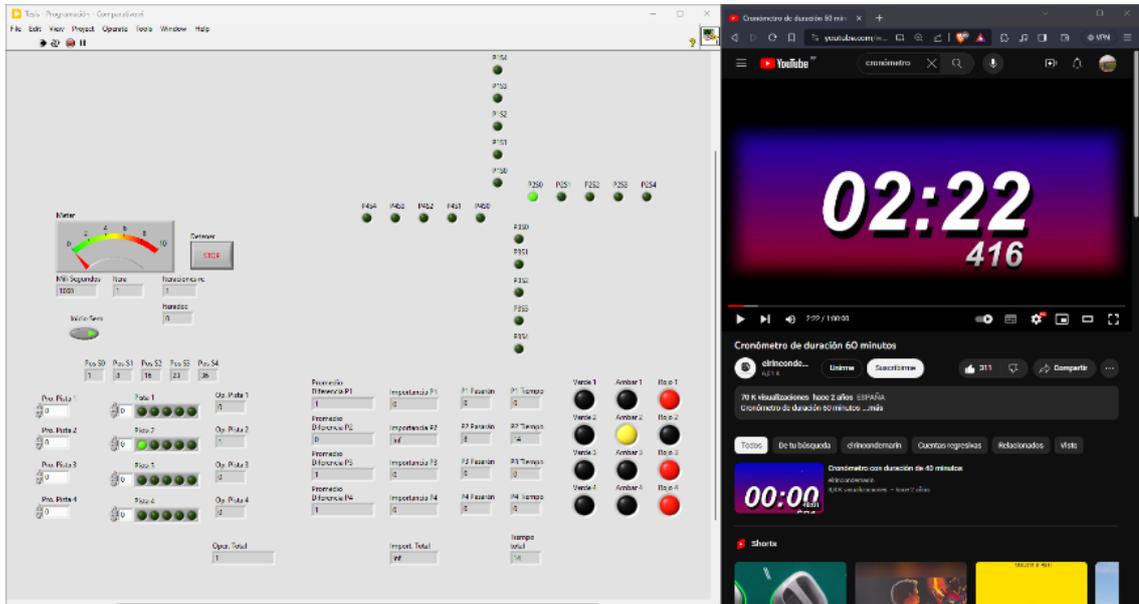


Figura 28:

*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 2*

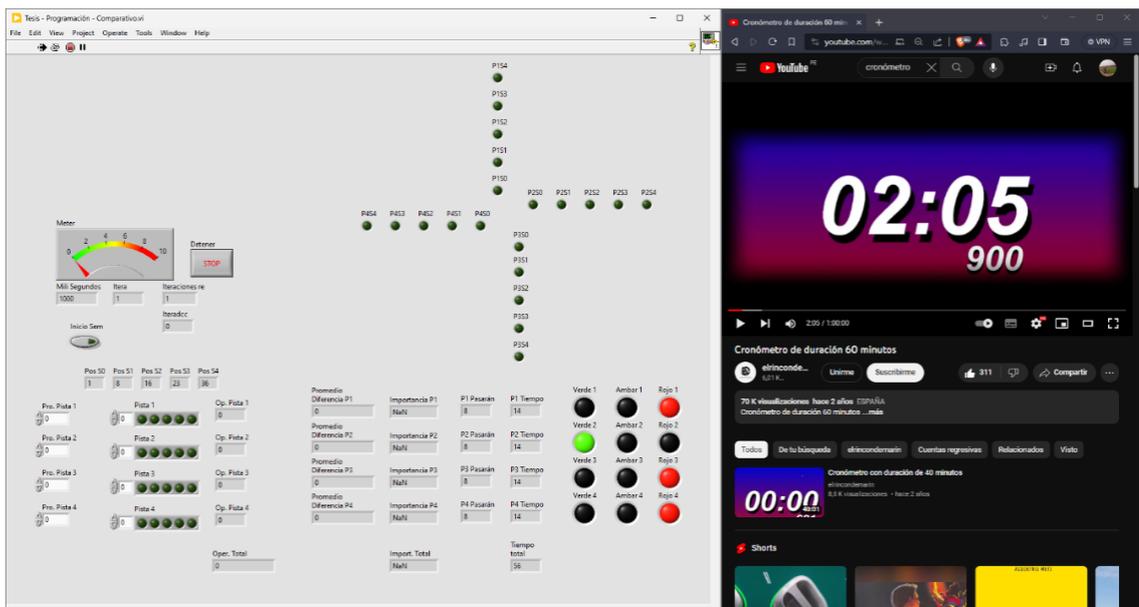


Figura 29:  
*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 3*

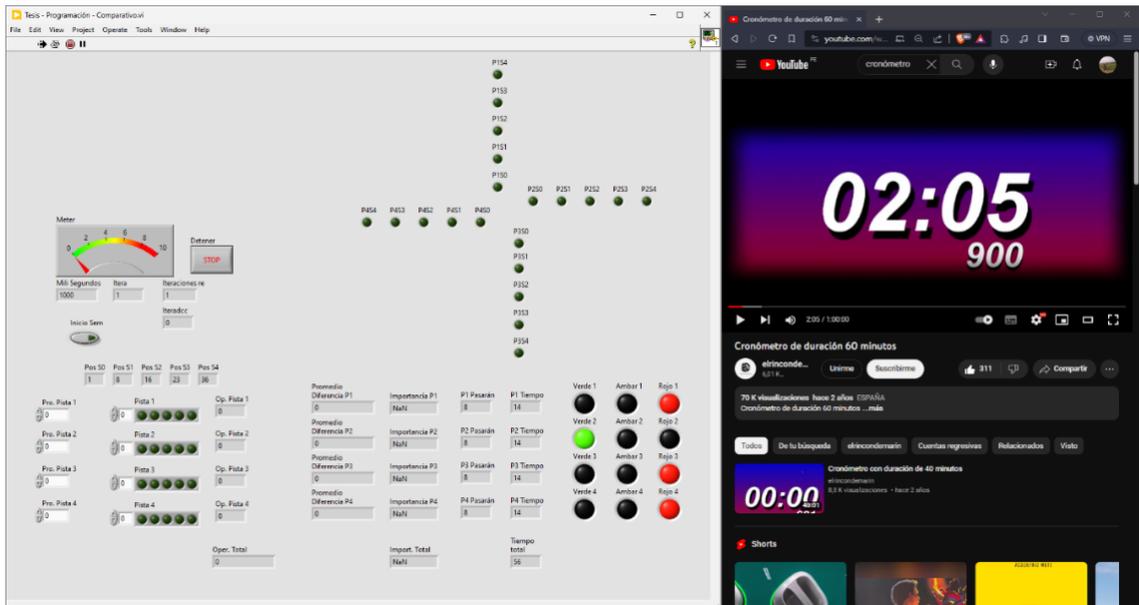


Figura 30:  
*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 4*

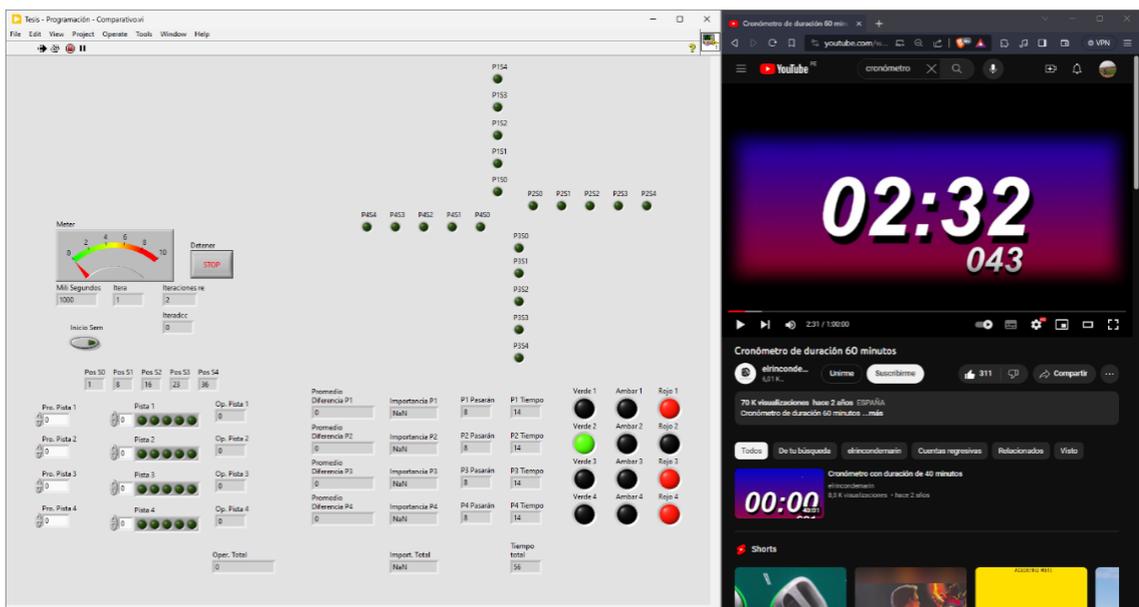


Figura 31:  
*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 5*

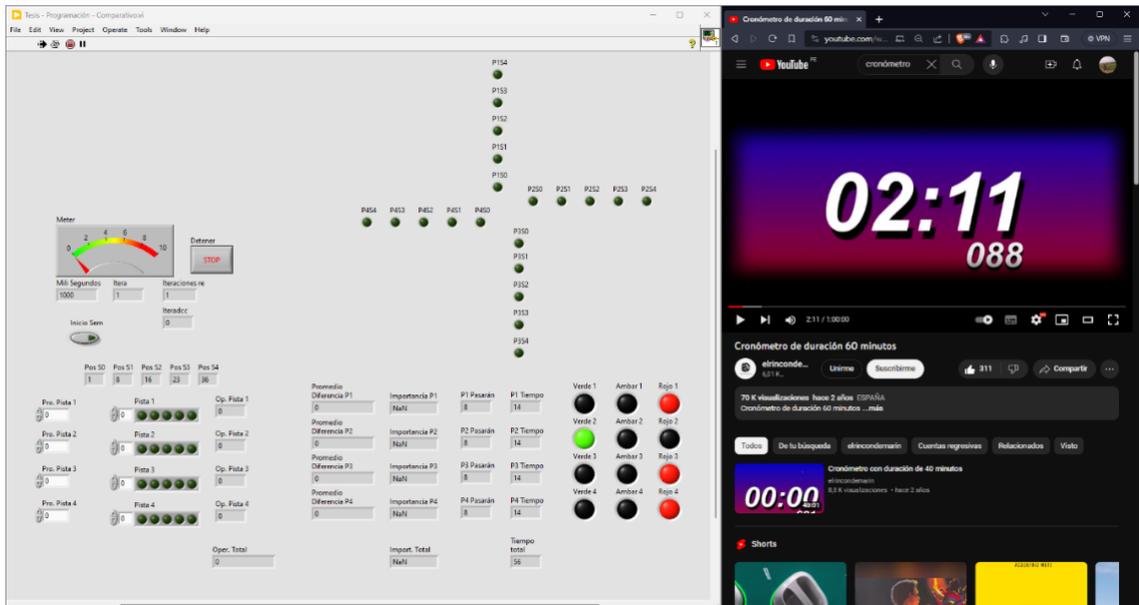


Figura 32:  
*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 6*

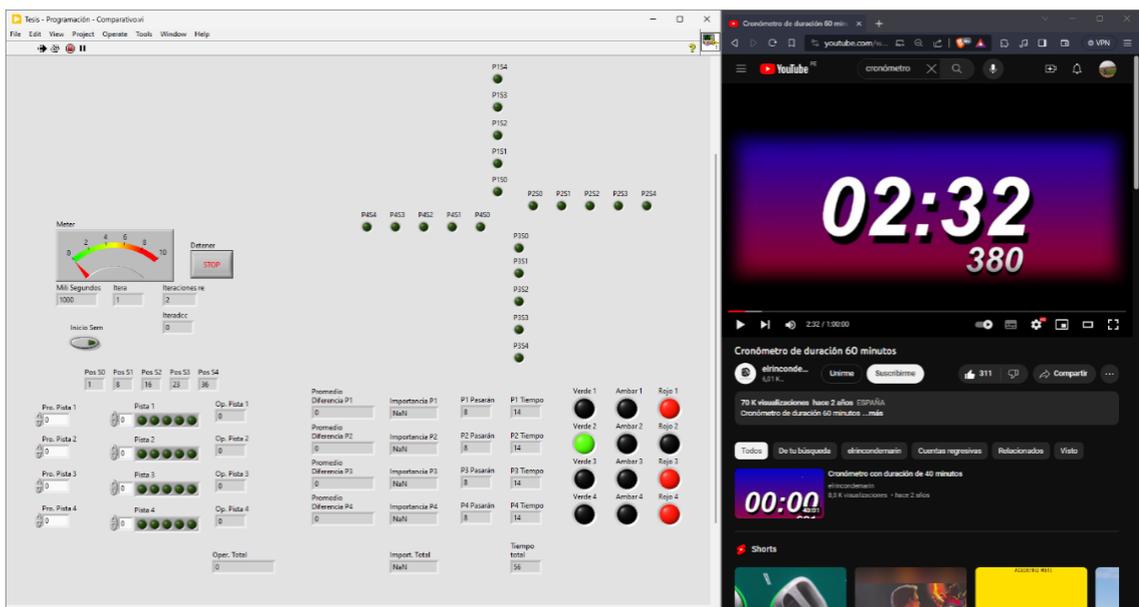


Figura 33:  
*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 7*

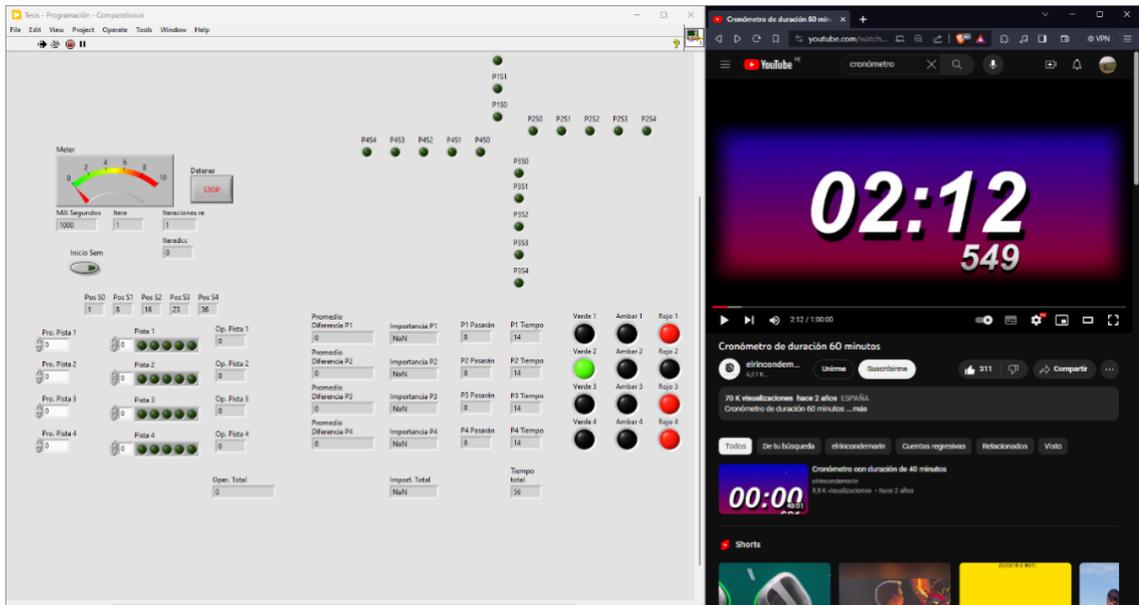


Figura 34:  
*Simulación de algoritmo comparativo del ítem 8*

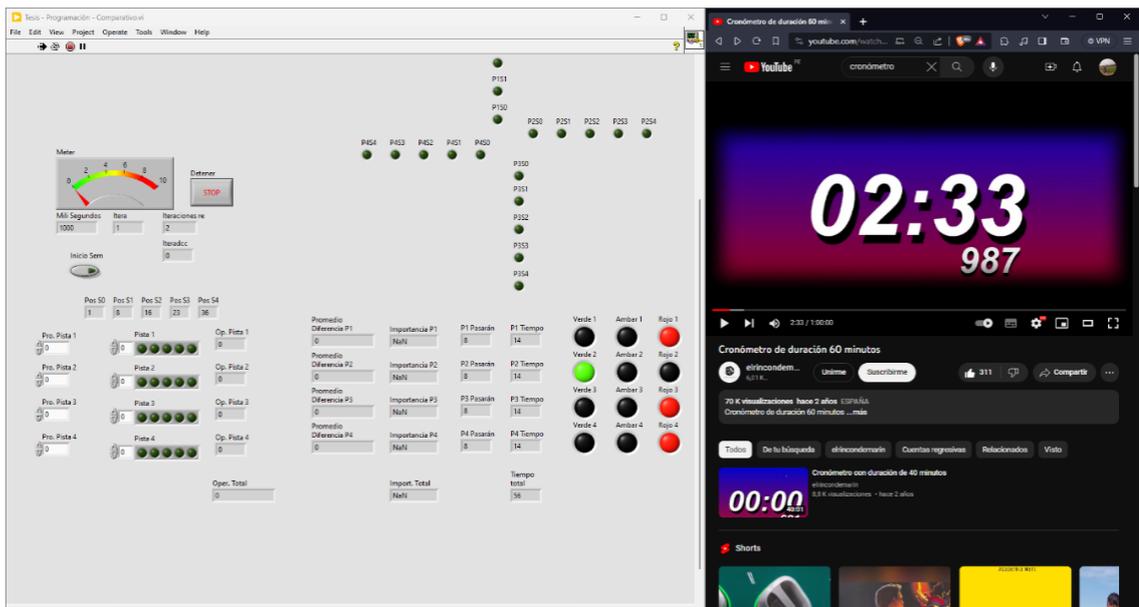


Figura 35:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 9

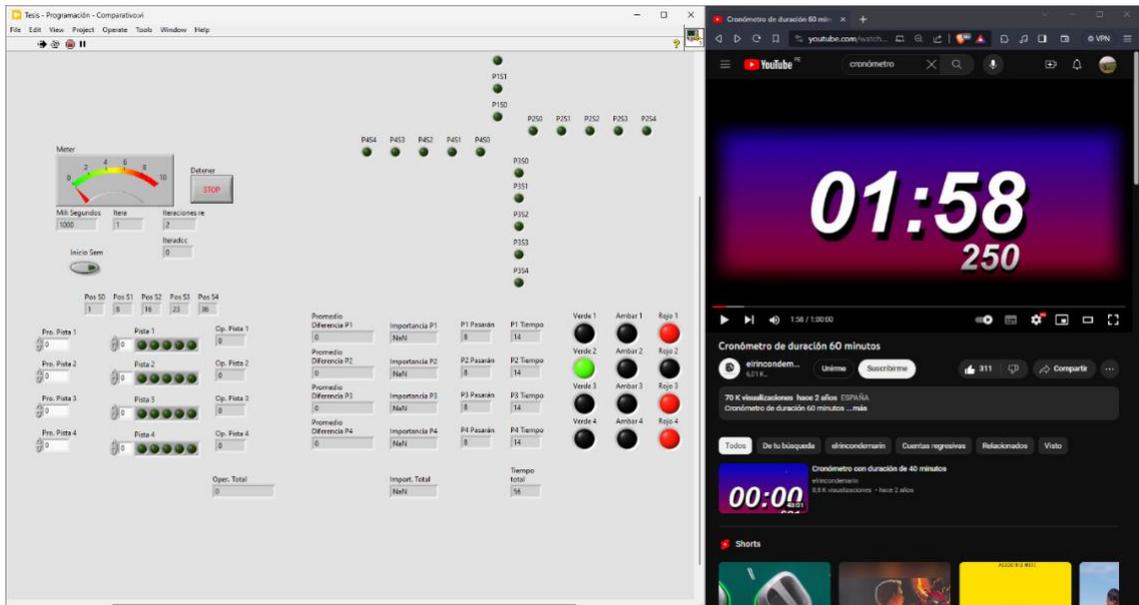


Figura 36:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 10

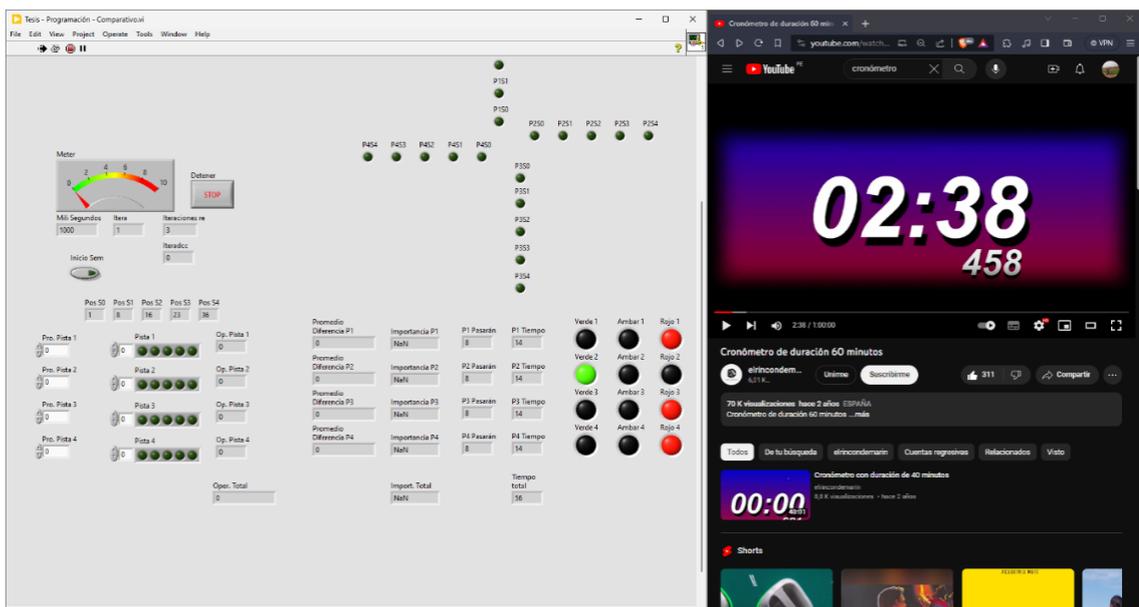


Figura 37:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 11

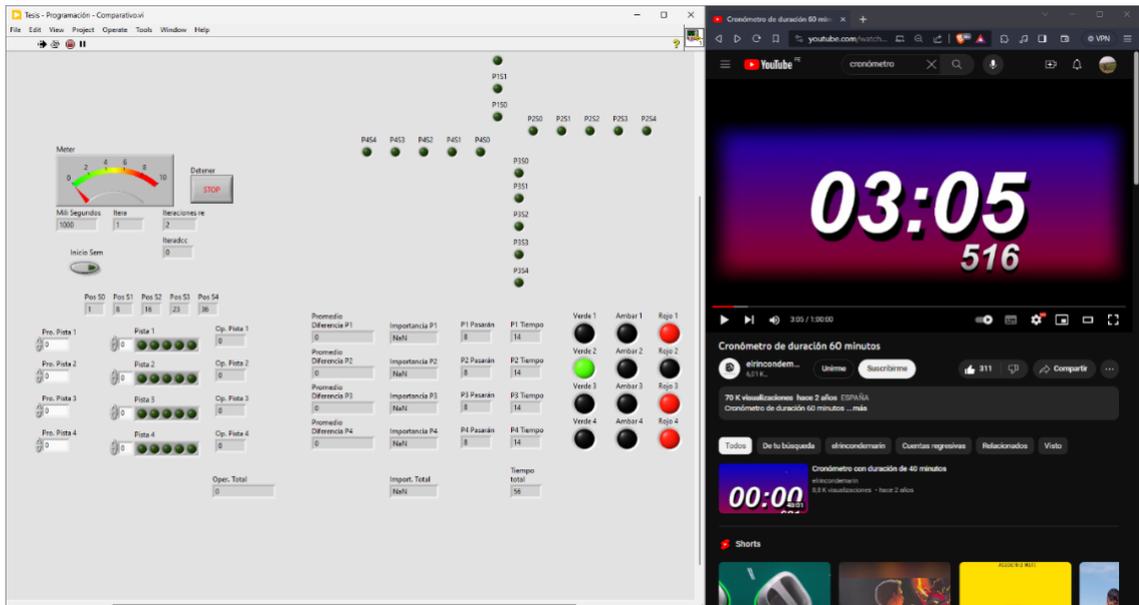


Figura 38:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 12

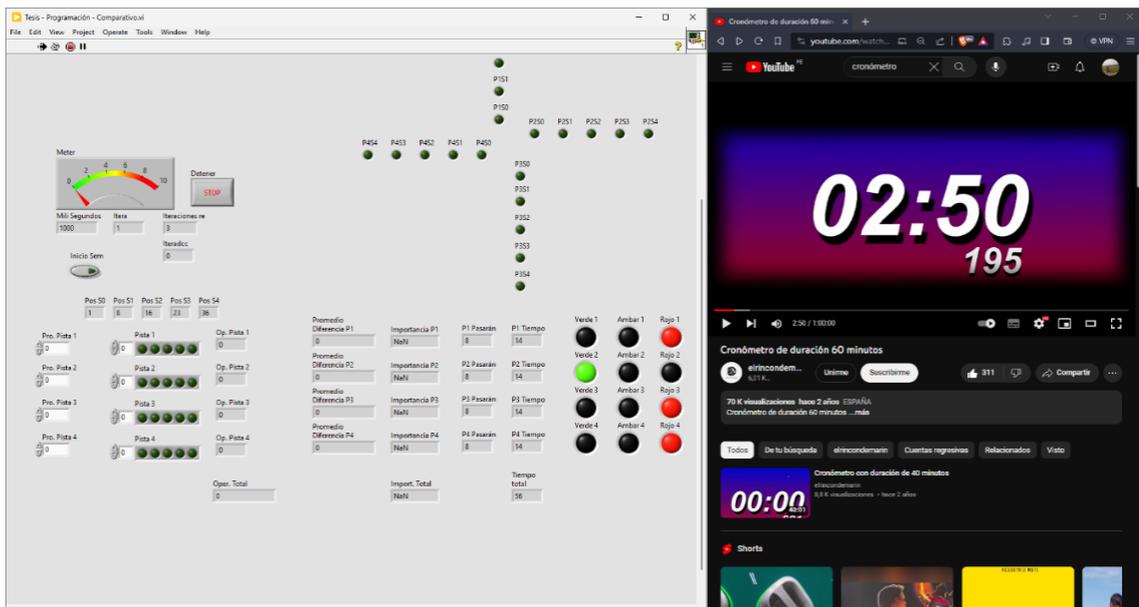


Figura 39:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 13

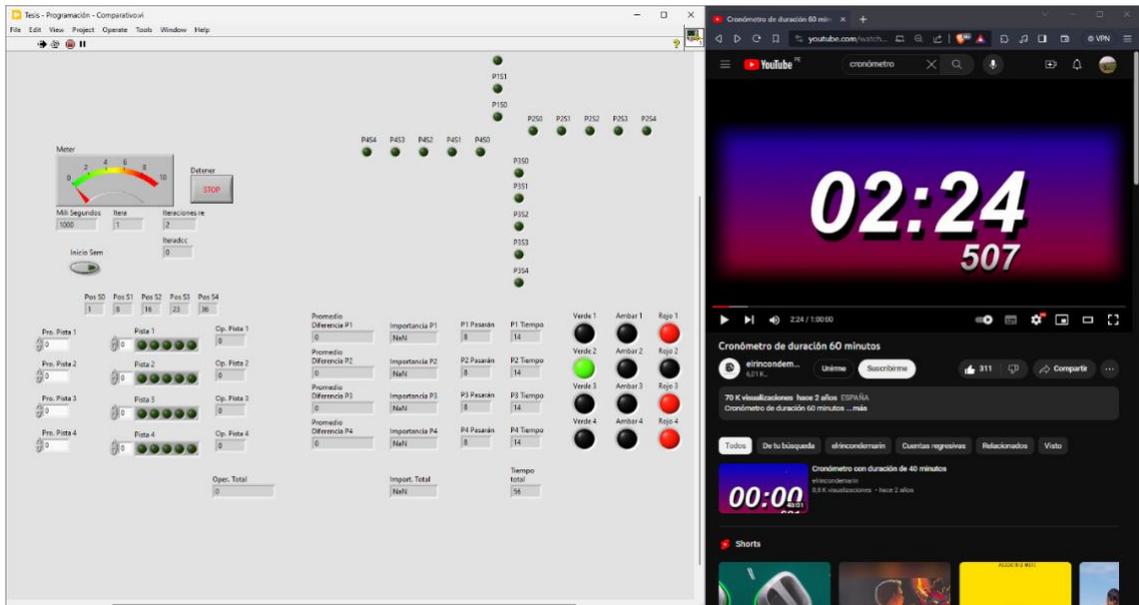


Figura 40:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 14

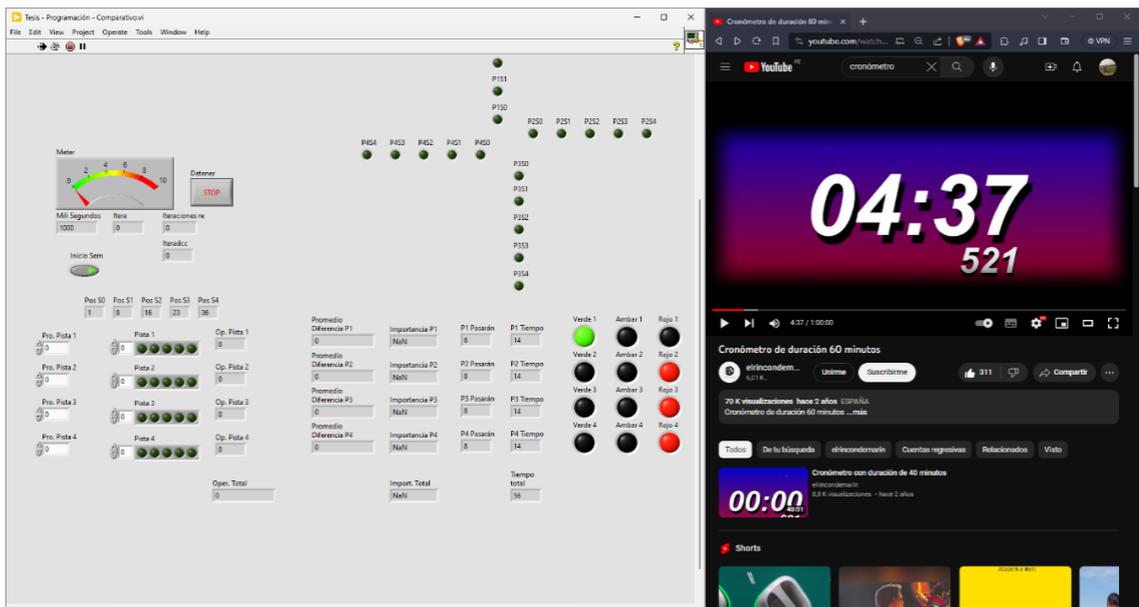


Figura 41:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 15

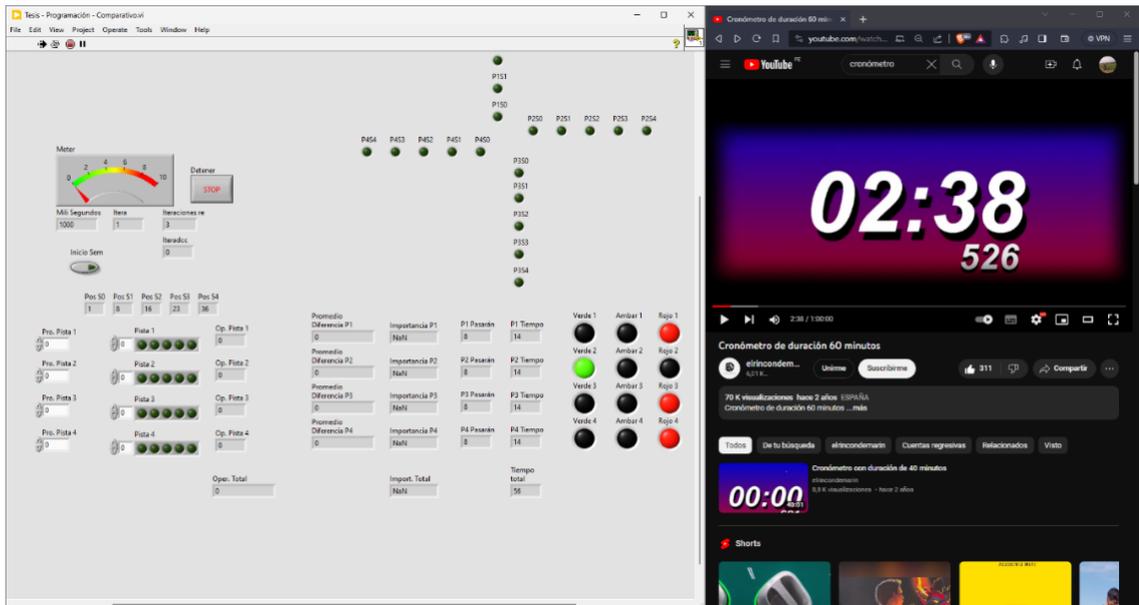


Figura 42:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 16

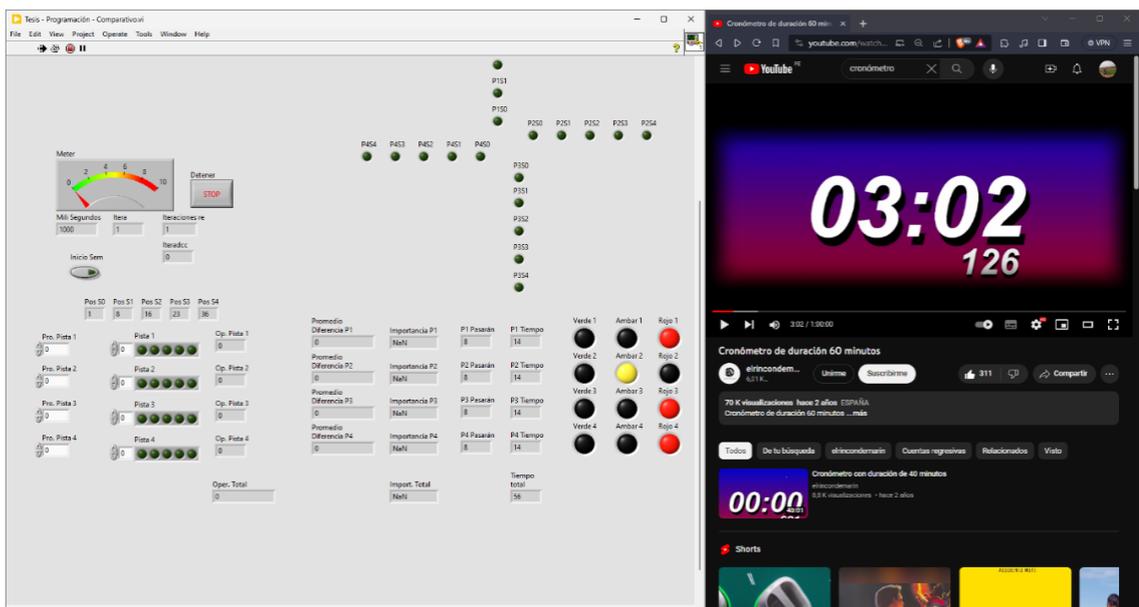


Figura 43:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 17

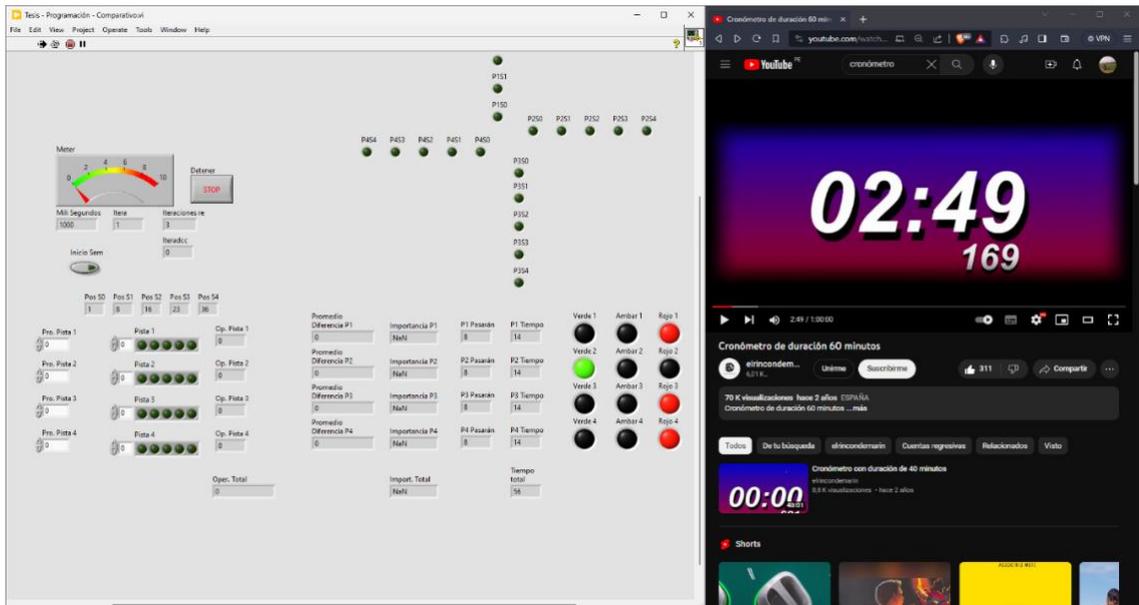


Figura 44:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 18

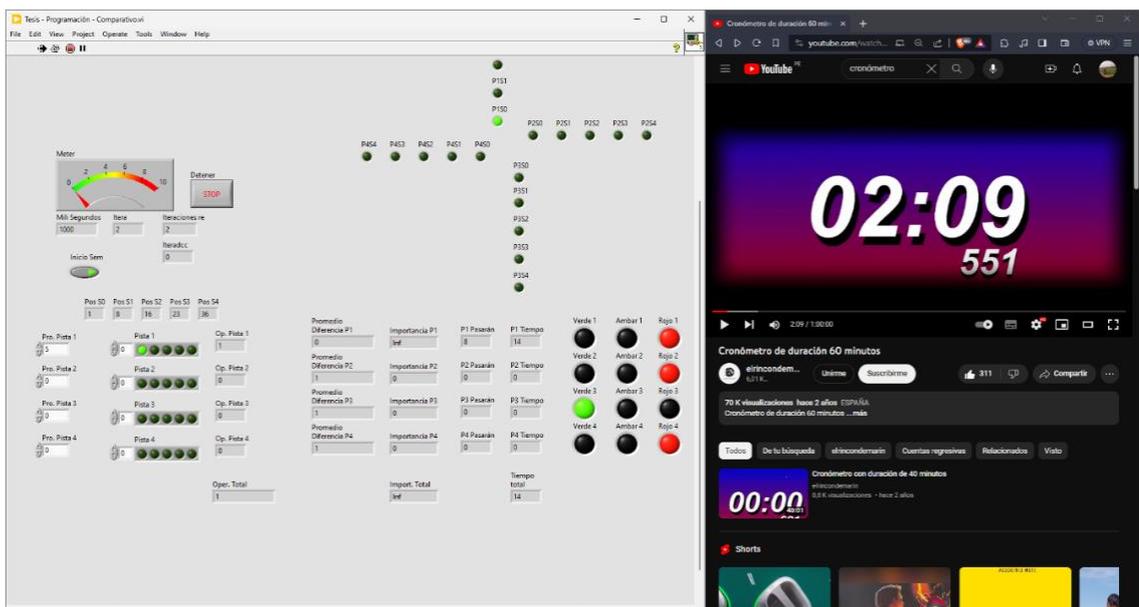


Figura 45:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 19

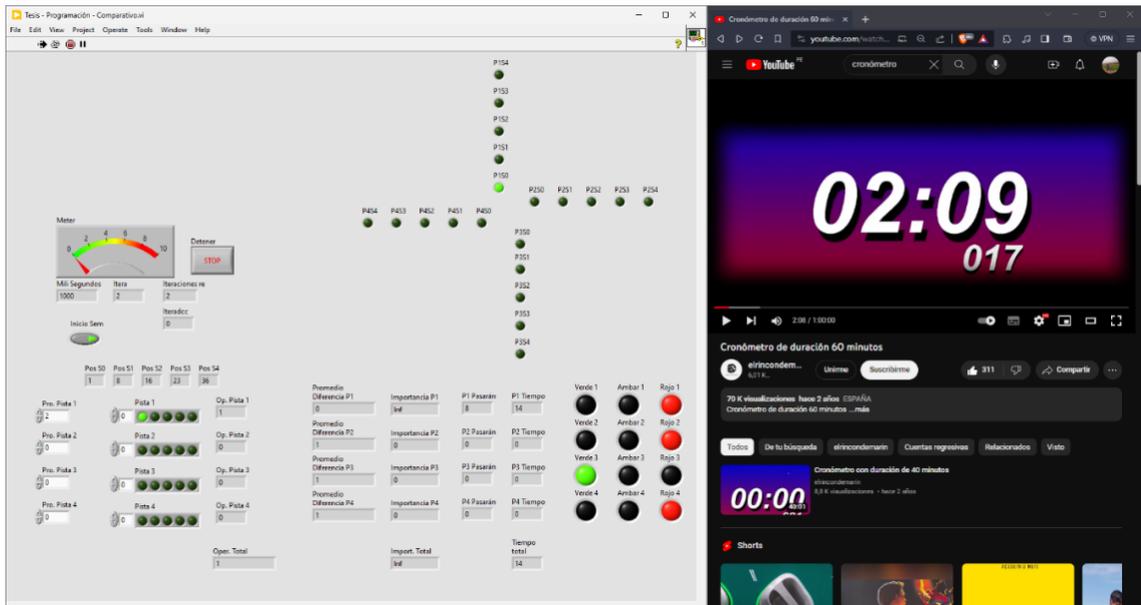


Figura 46:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 20

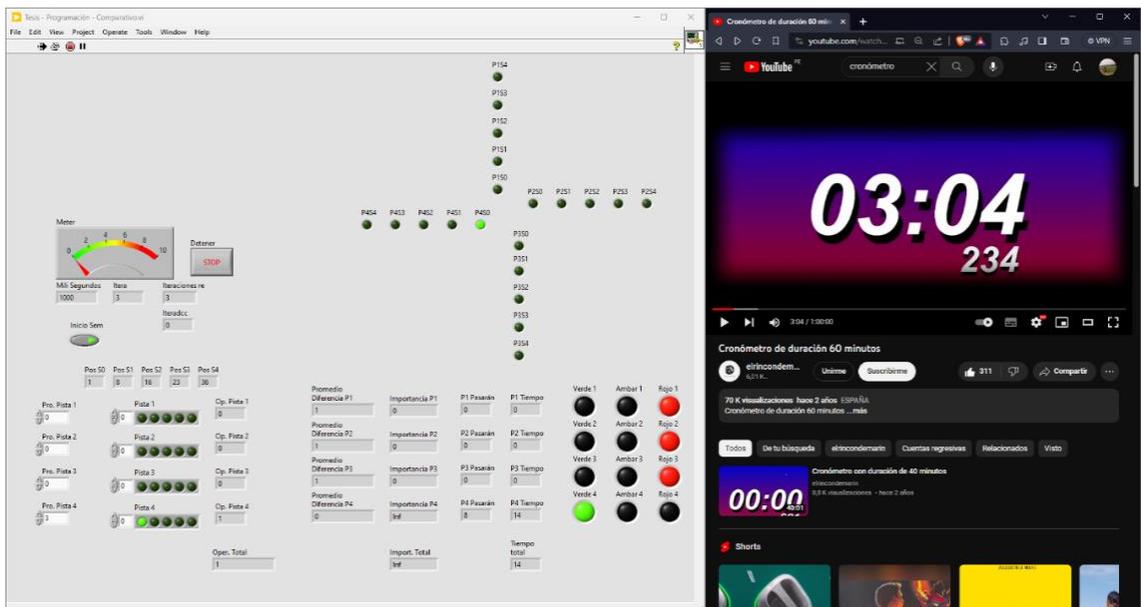


Figura 47:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 21

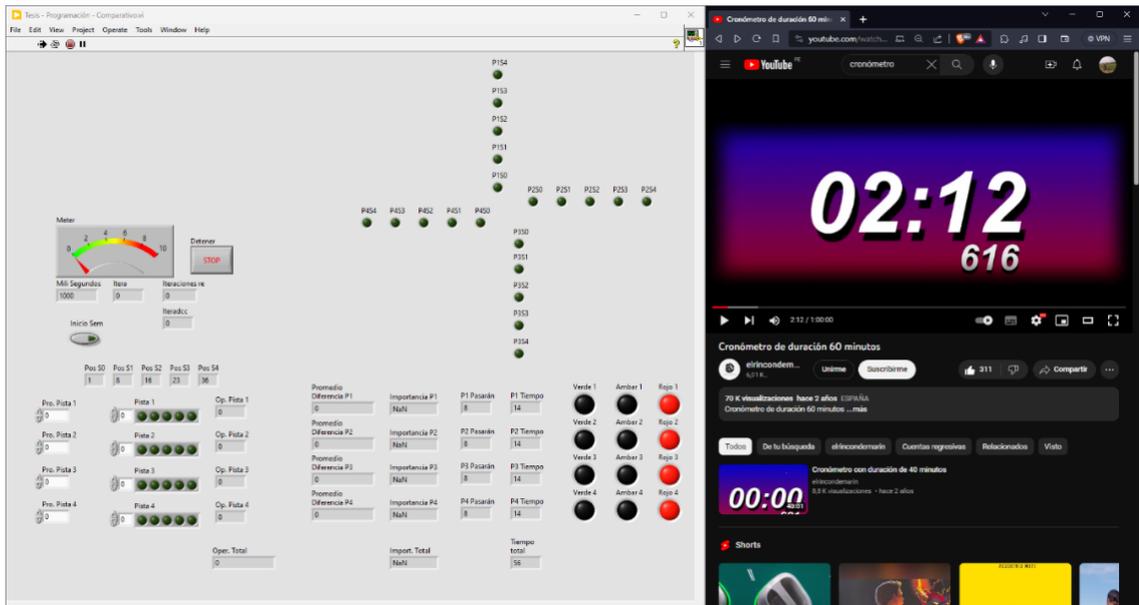


Figura 48:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 22

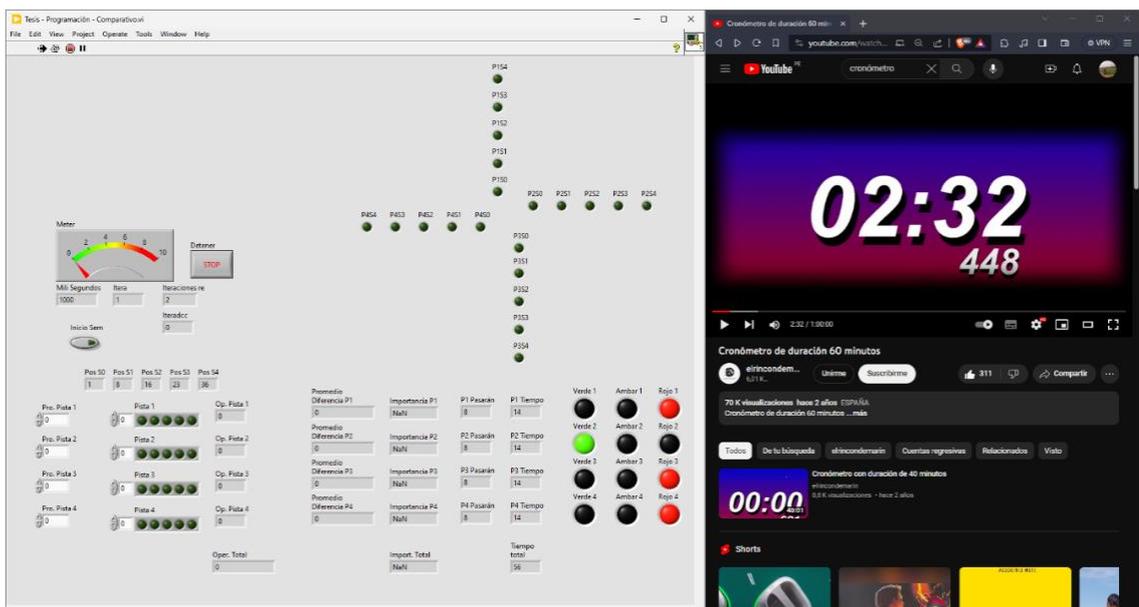


Figura 49:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 23

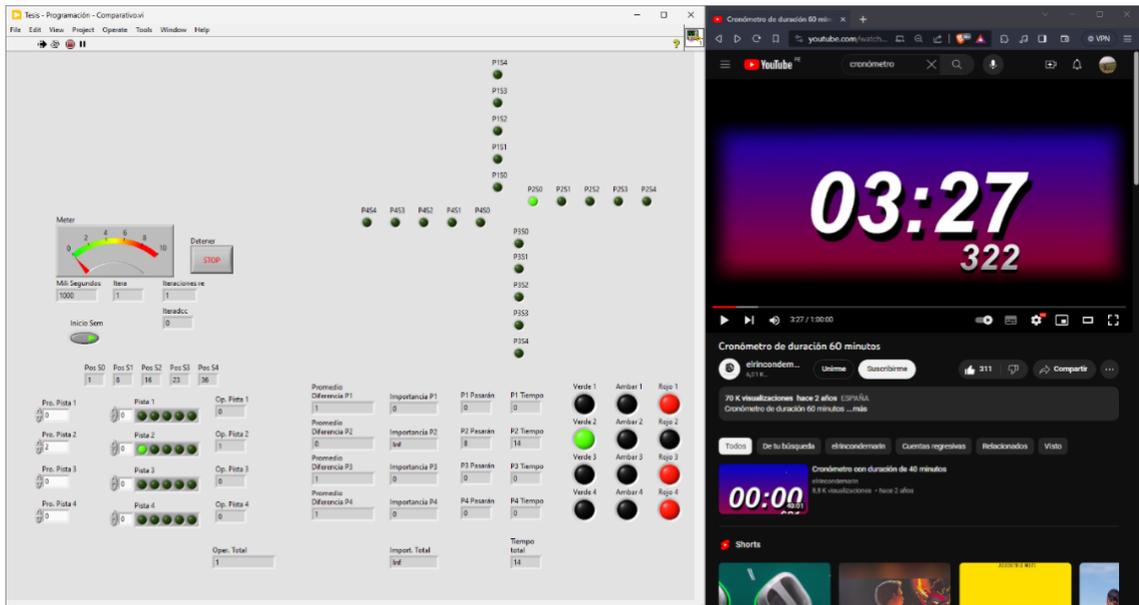


Figura 50:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 24

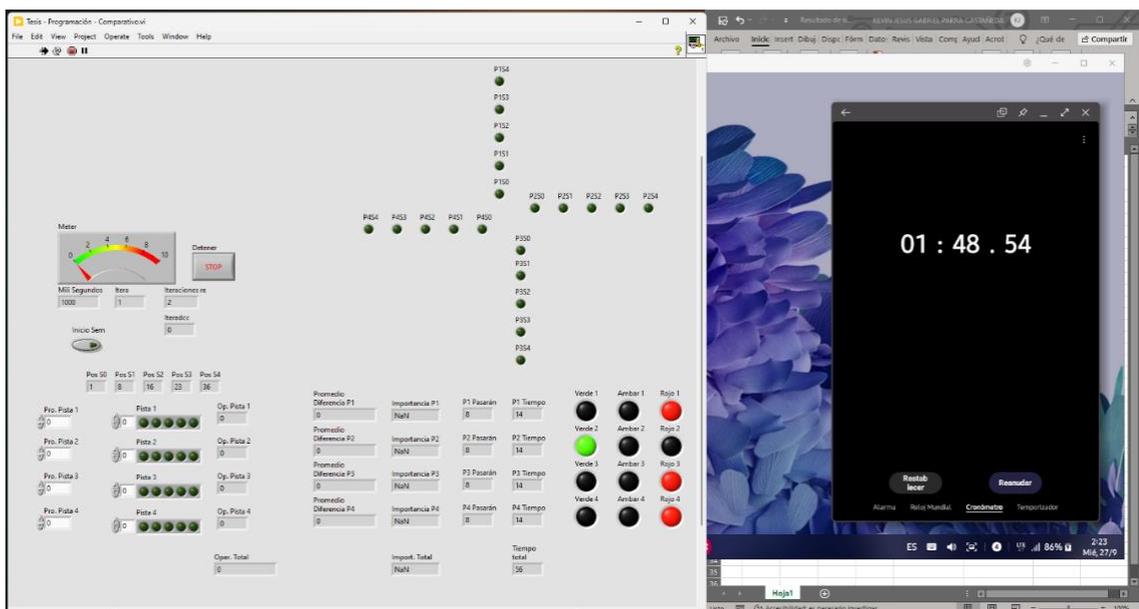


Figura 51:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 25

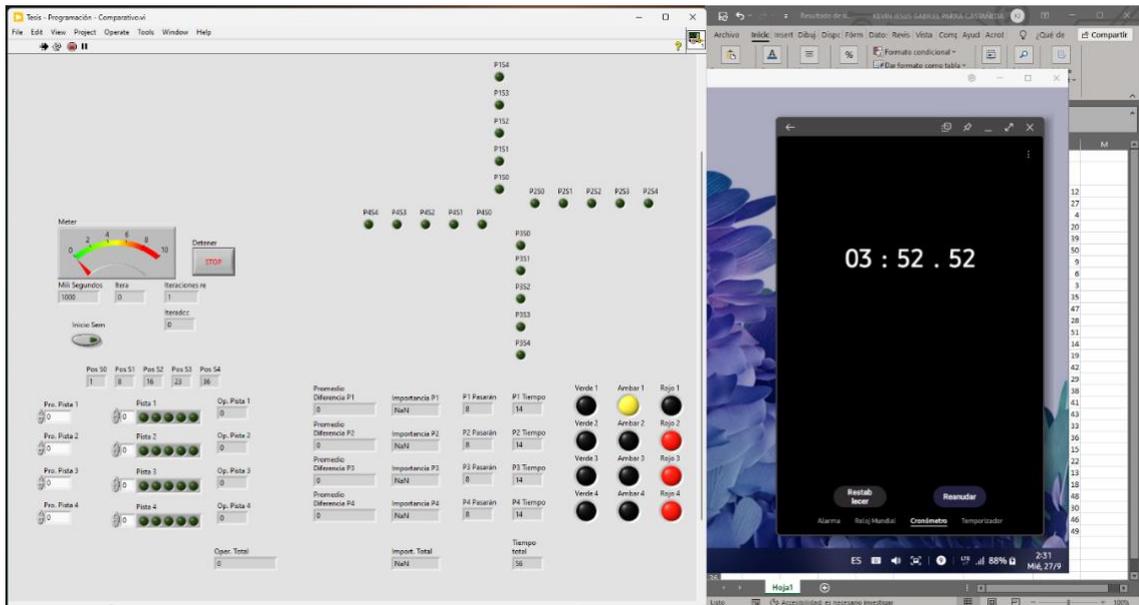


Figura 52:  
Simulación de algoritmo comparativo del ítem 26

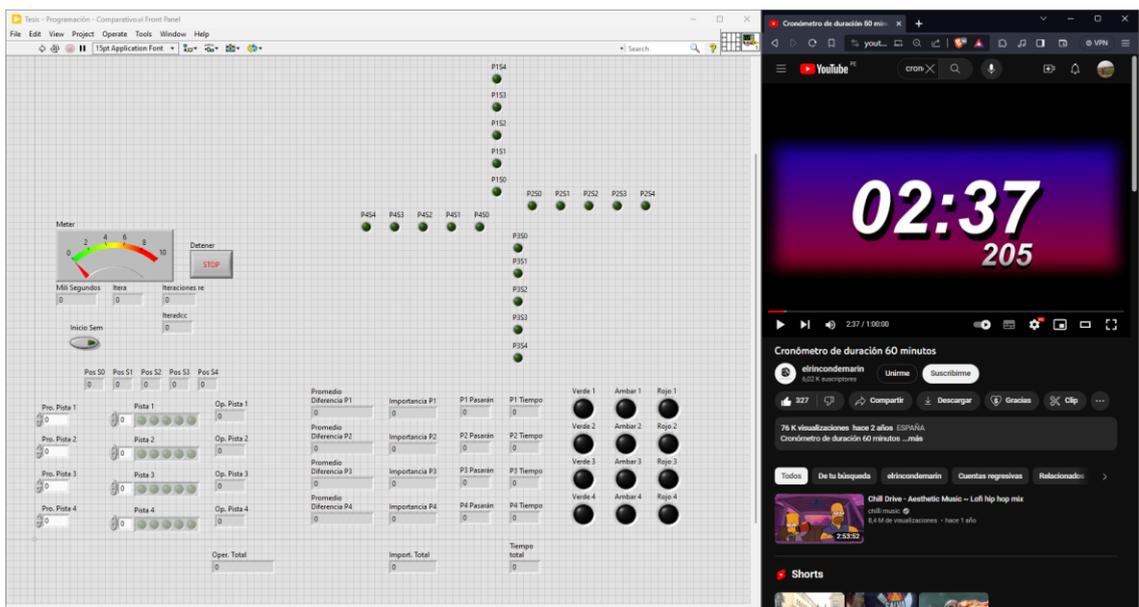


Figura 53:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 27

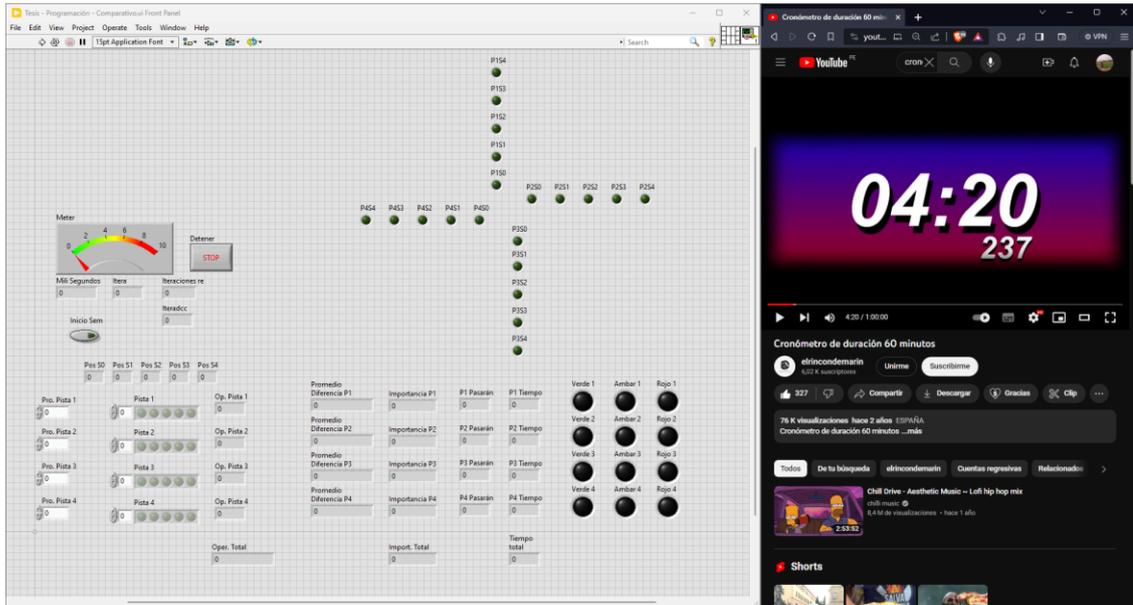


Figura 54:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 28

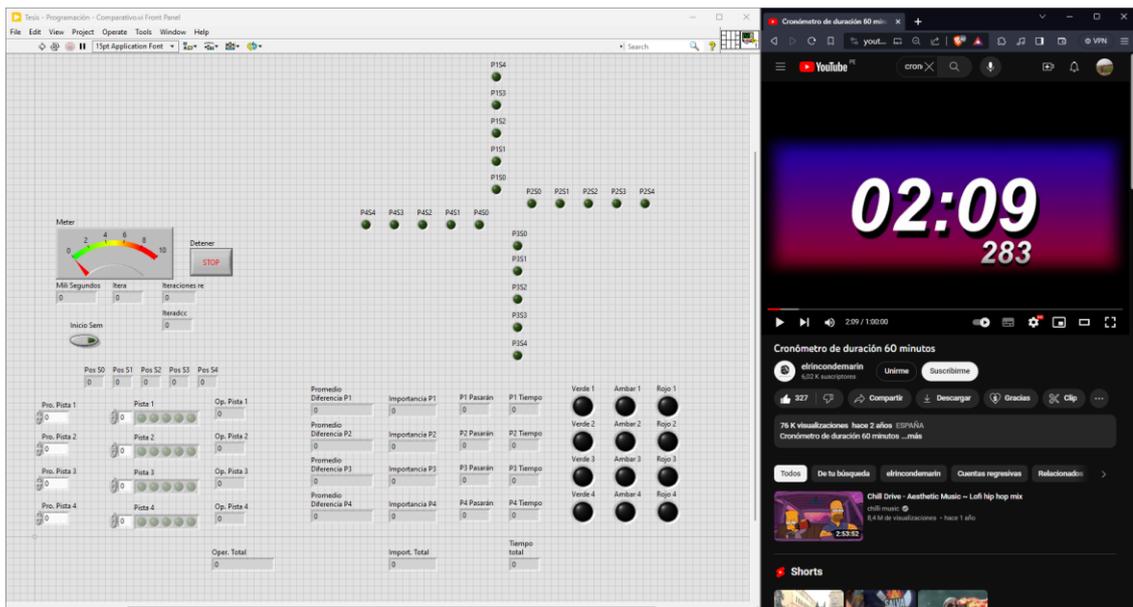


Figura 55:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 29

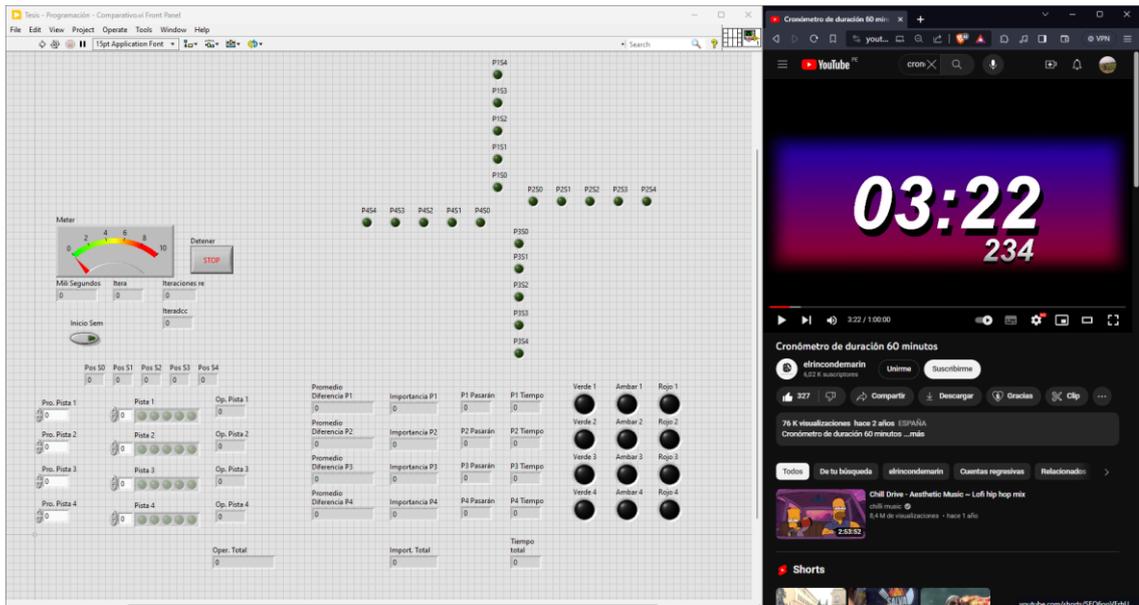
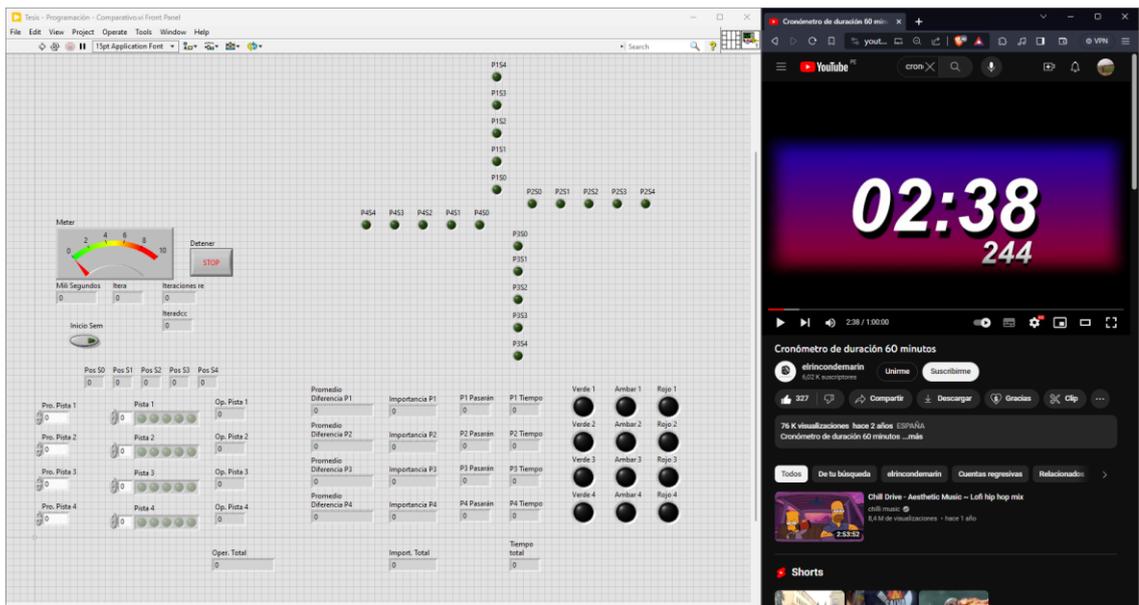


Figura 56:  
 Simulación de algoritmo comparativo del ítem 30



## Anexo 6: Capturas de pantalla de las simulaciones del algoritmo de tiempos fijos

Figura 57:

Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 1

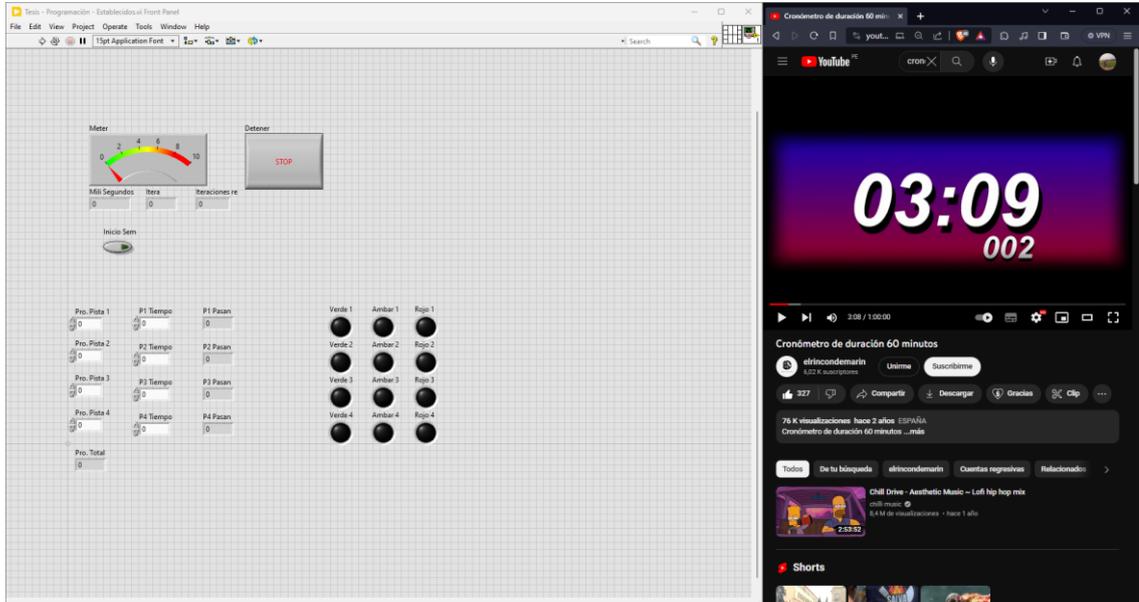


Figura 58:

Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 2

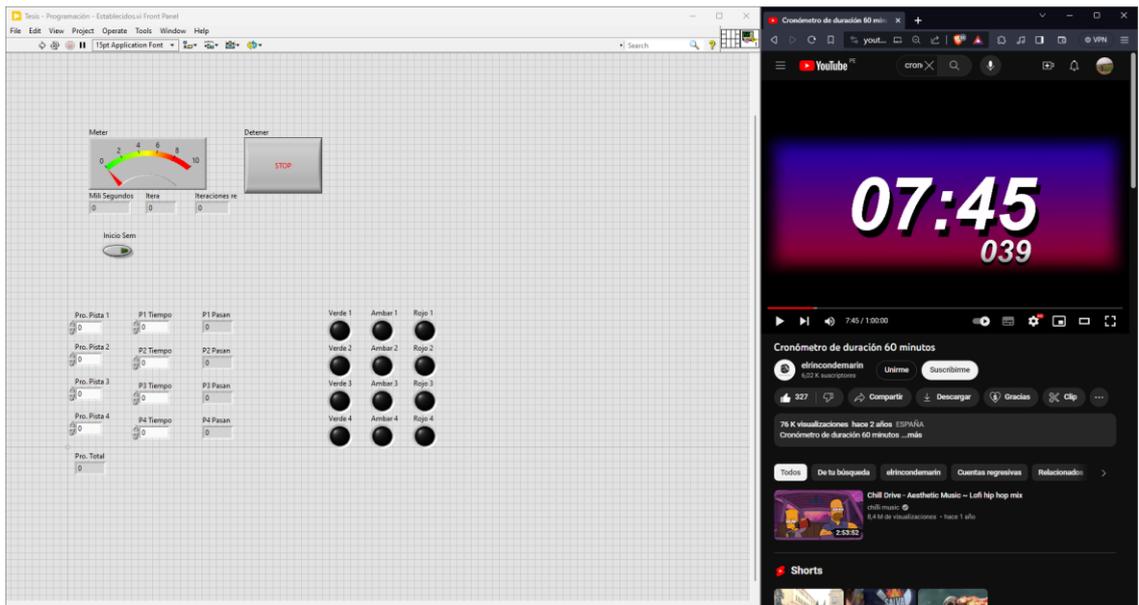


Figura 59:

Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 3

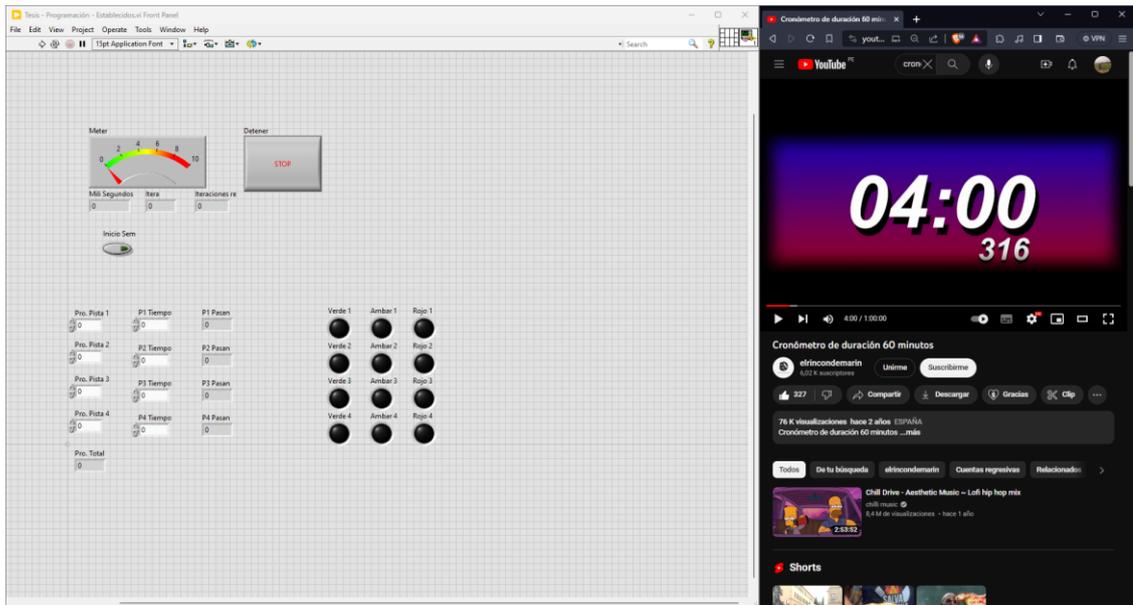


Figura 60:

Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 4

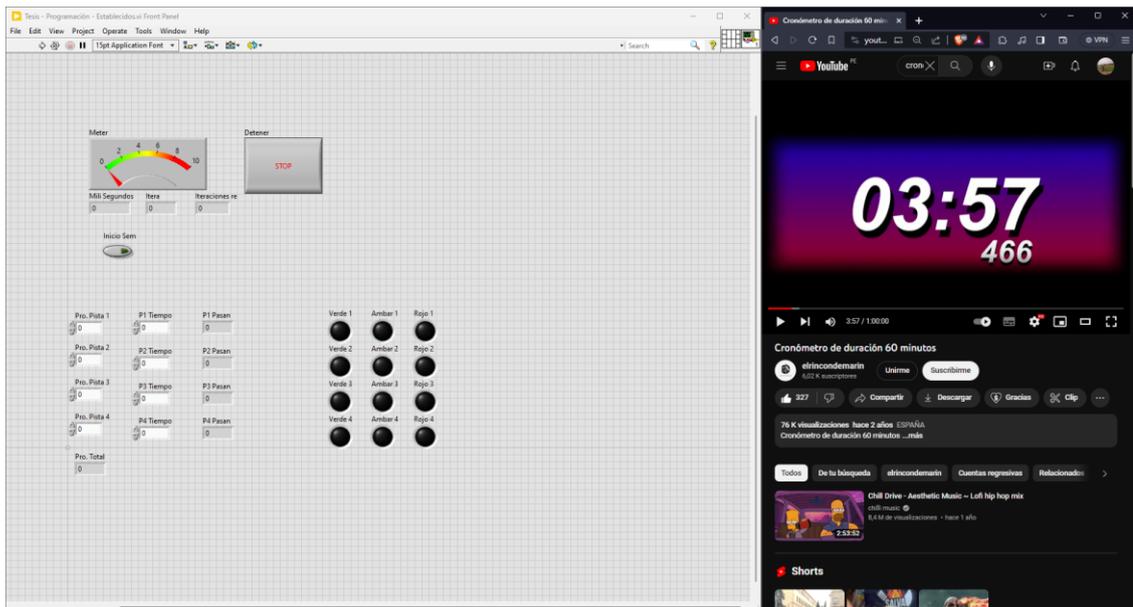


Figura 61:  
*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 5*

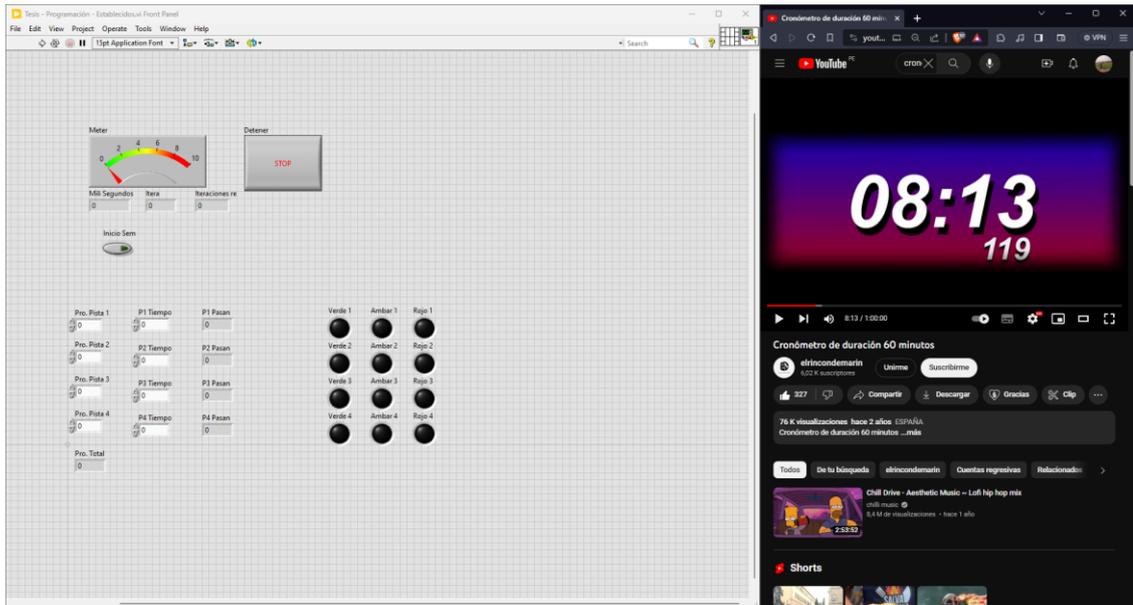


Figura 62:  
*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 6*

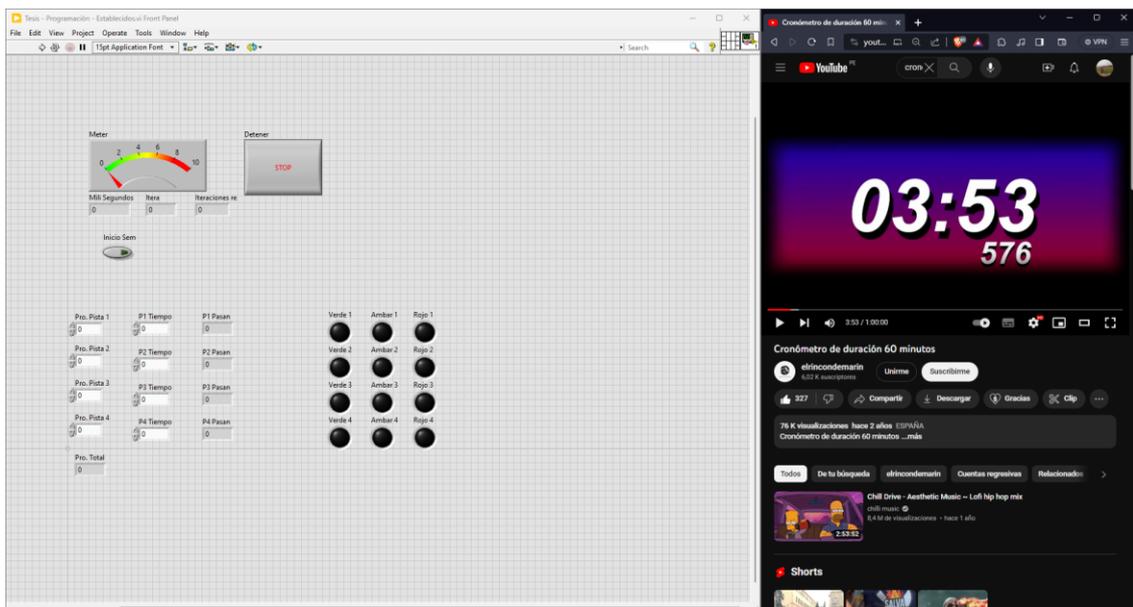


Figura 63:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 7*

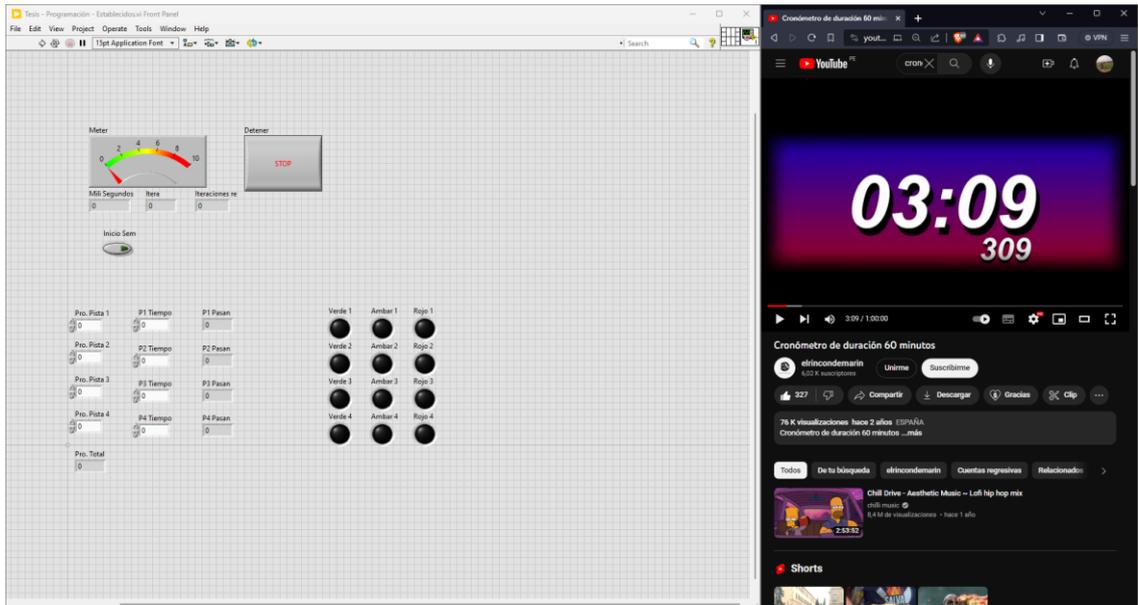


Figura 64:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 8*

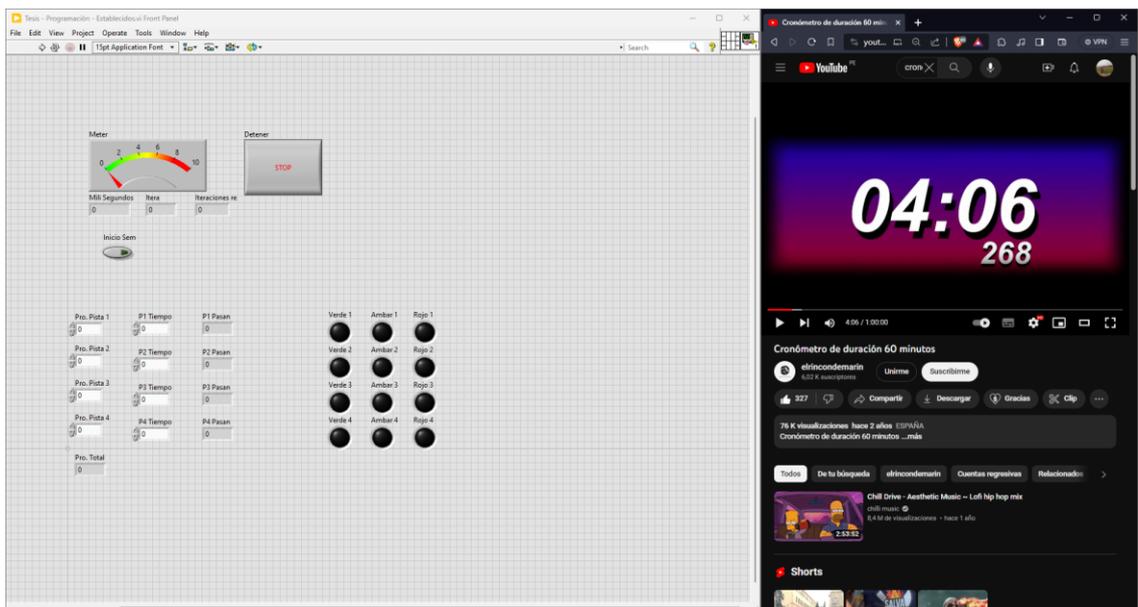


Figura 65:  
*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 9*

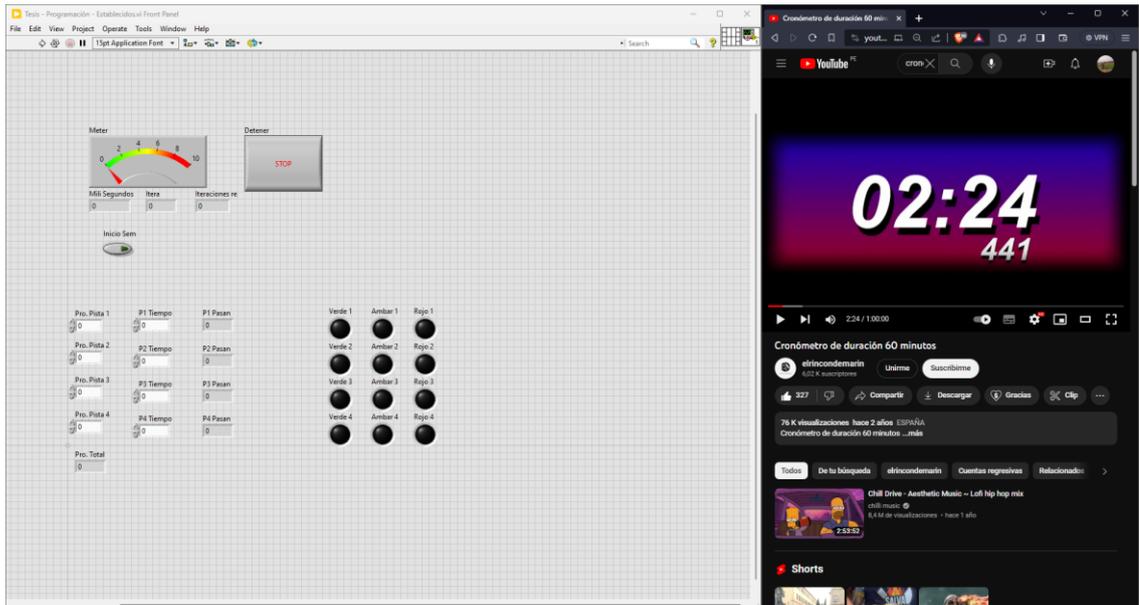


Figura 66:  
*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 10*

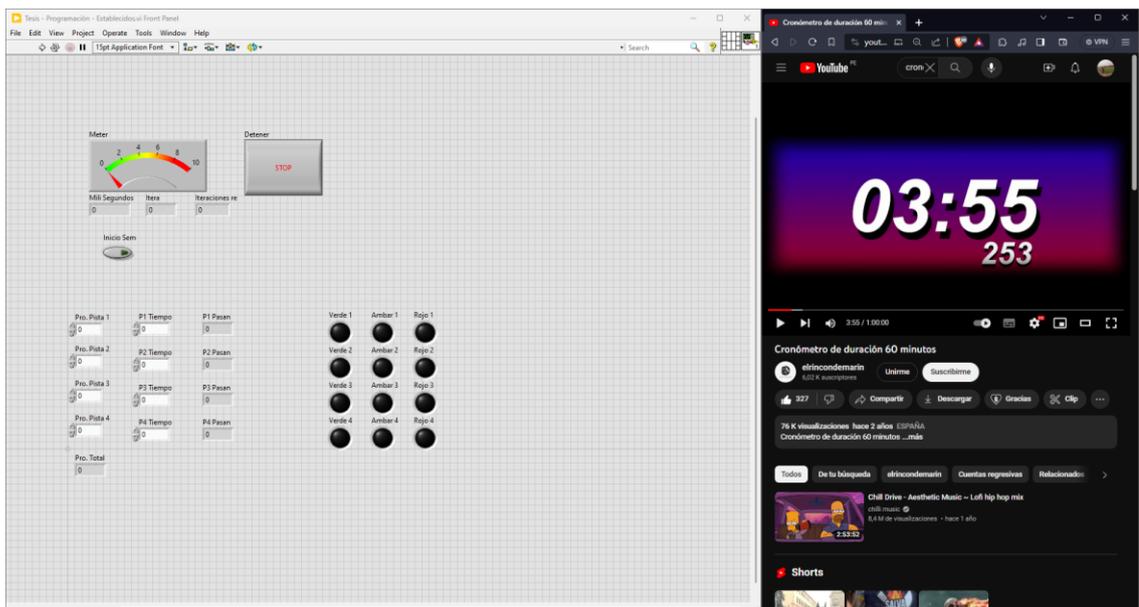


Figura 67:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 11*

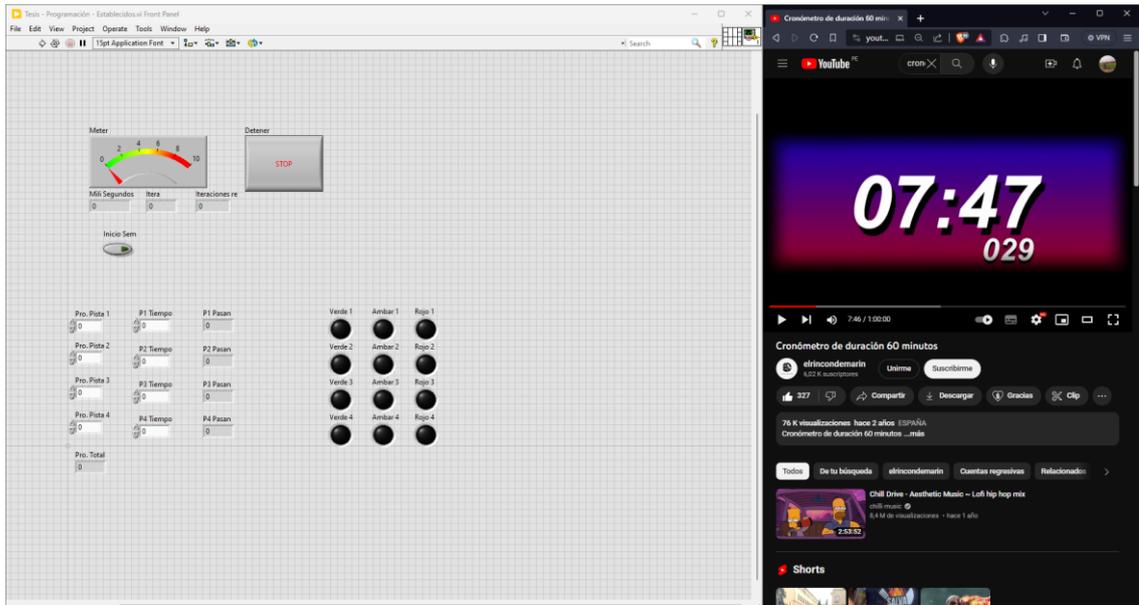


Figura 68:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 12*

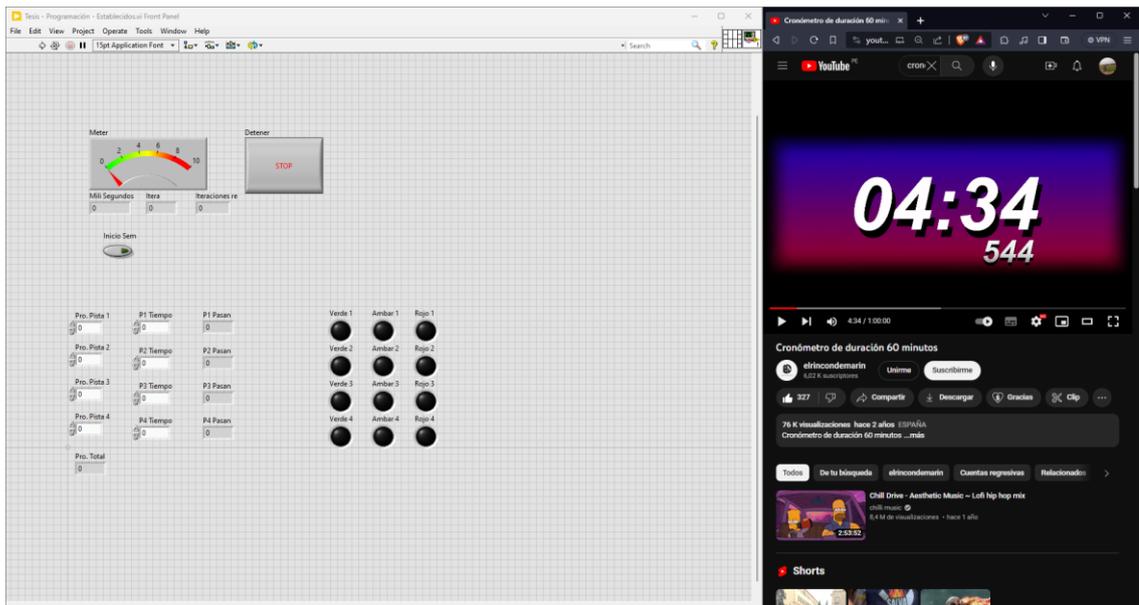


Figura 69:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 13*

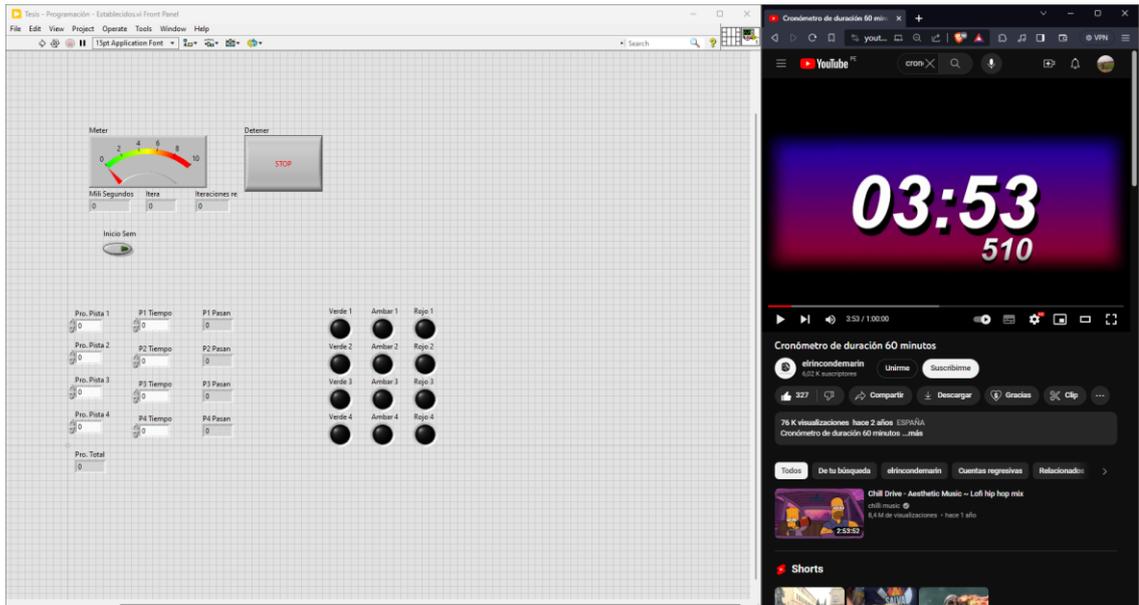


Figura 70:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 14*

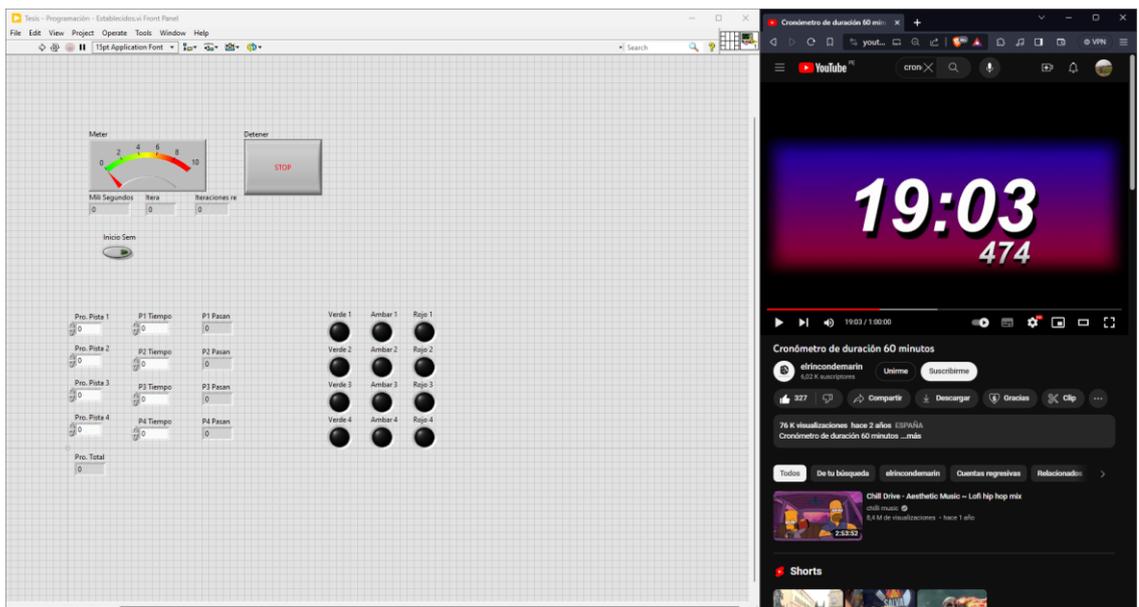


Figura 71:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 15*

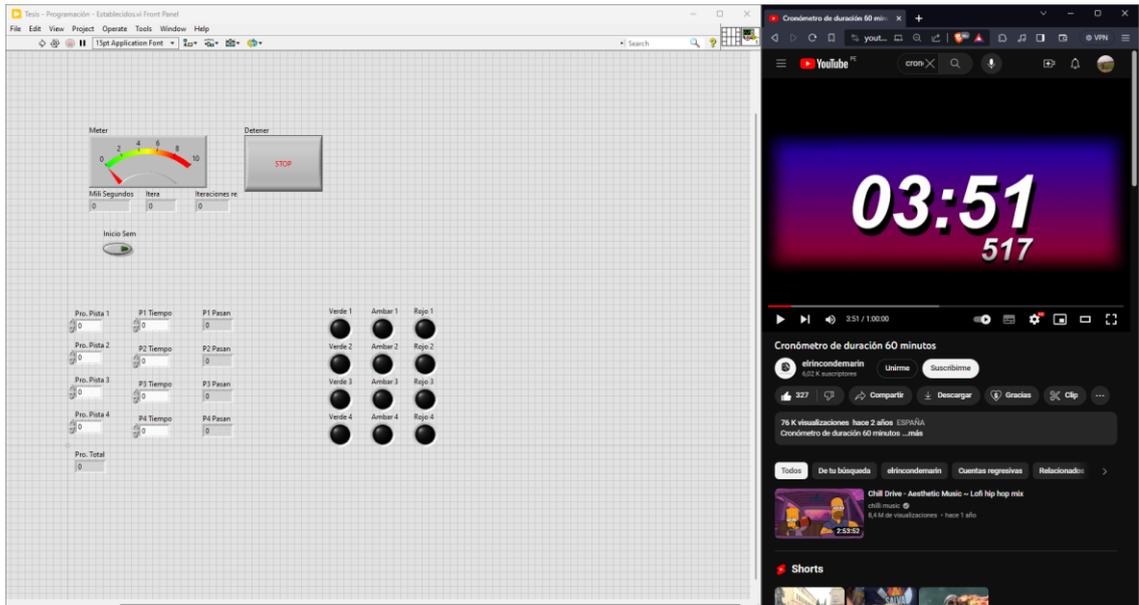


Figura 72:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 16*

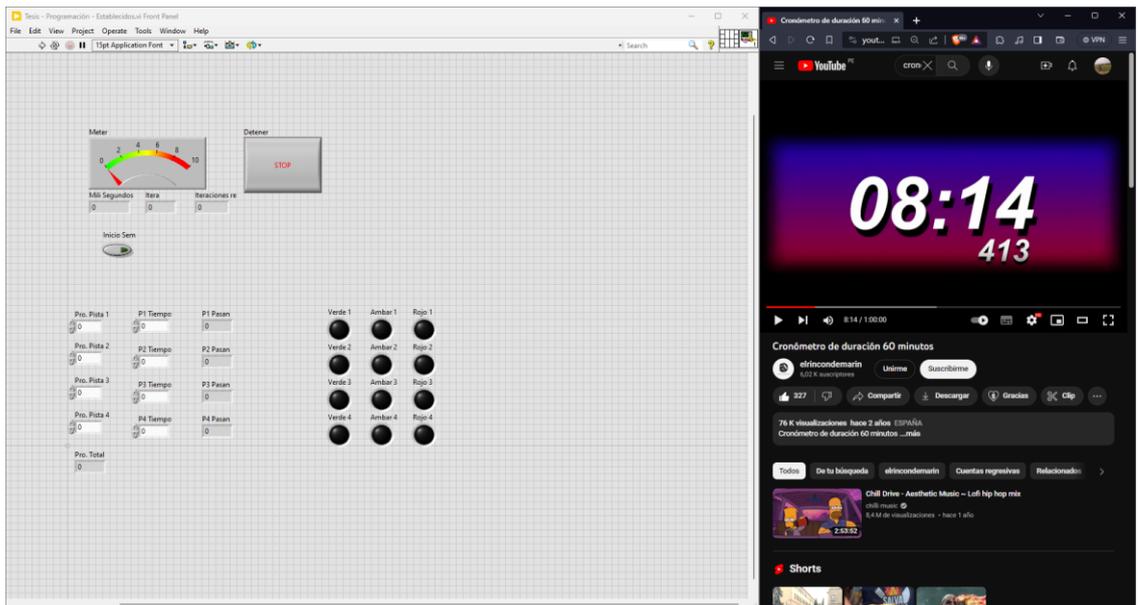


Figura 73:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 17*

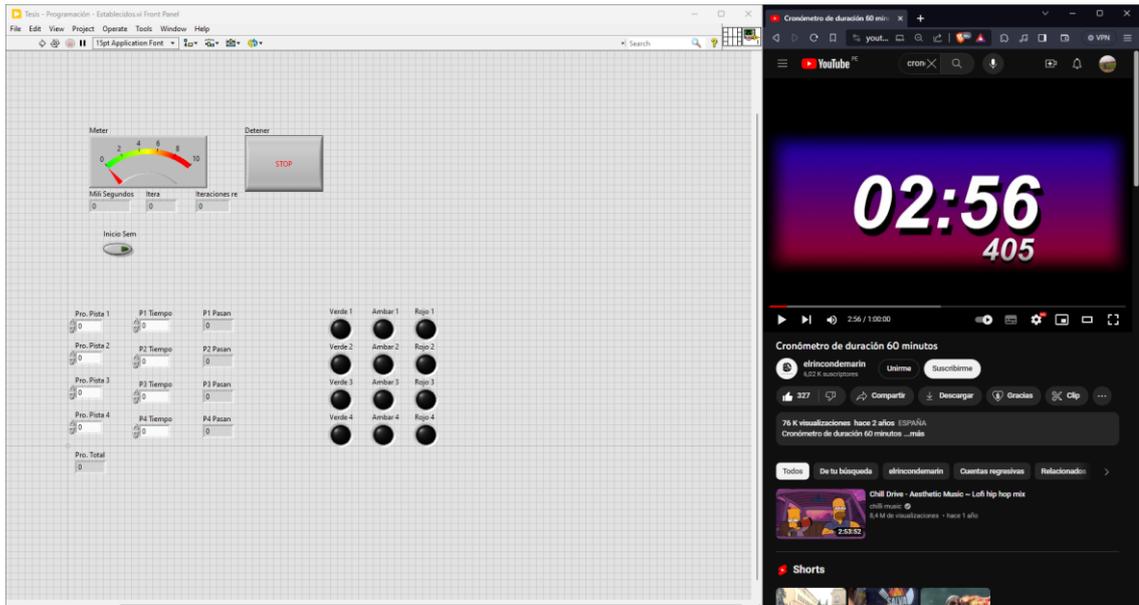


Figura 74:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 18*

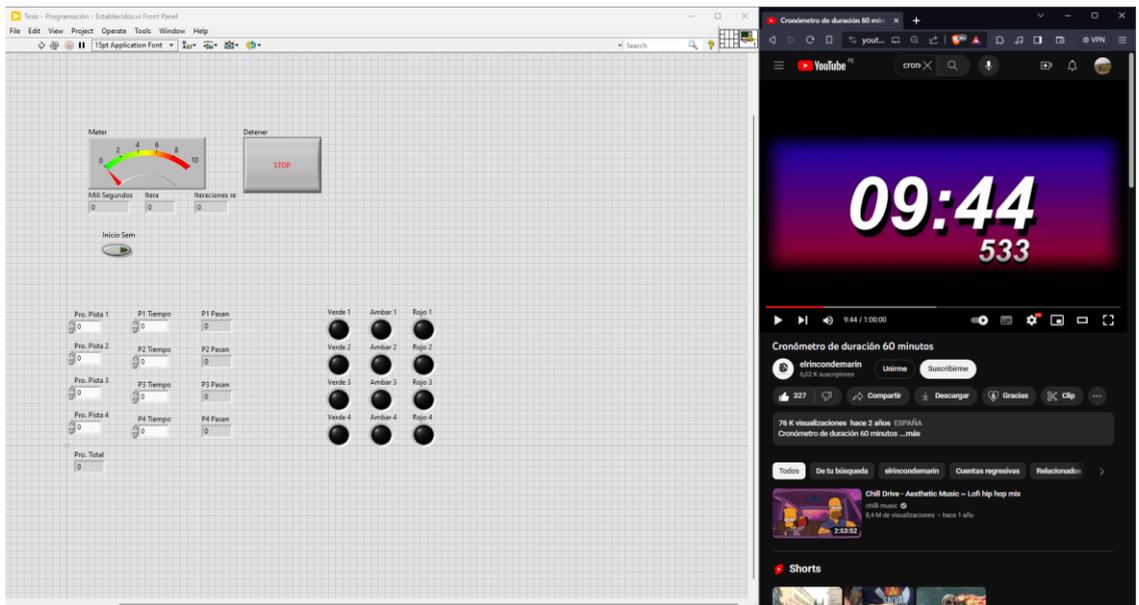


Figura 75:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 19*

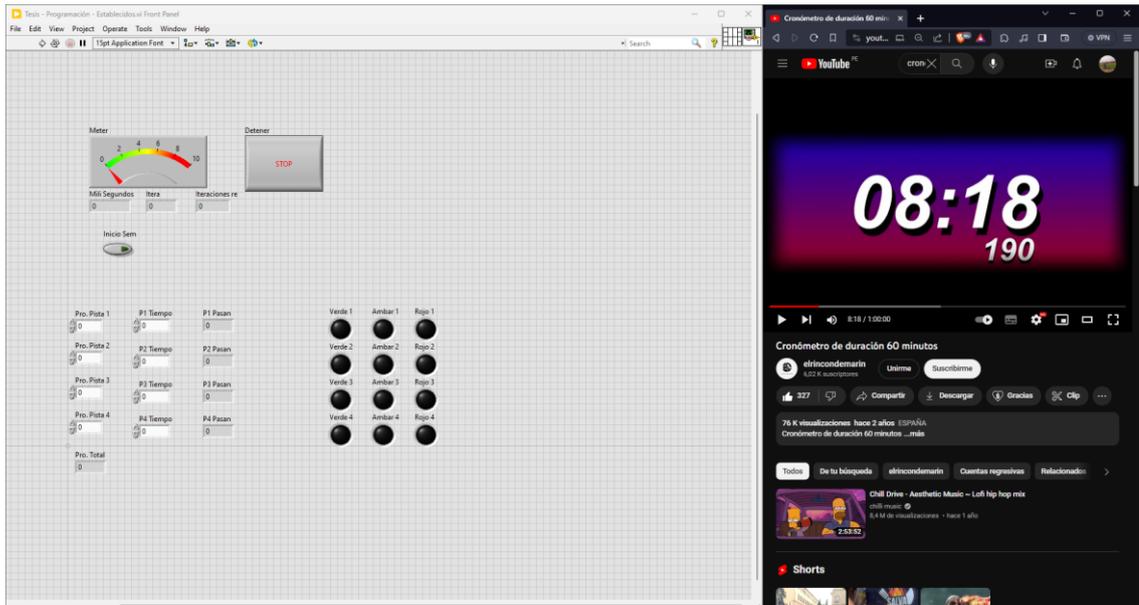


Figura 76:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 20*

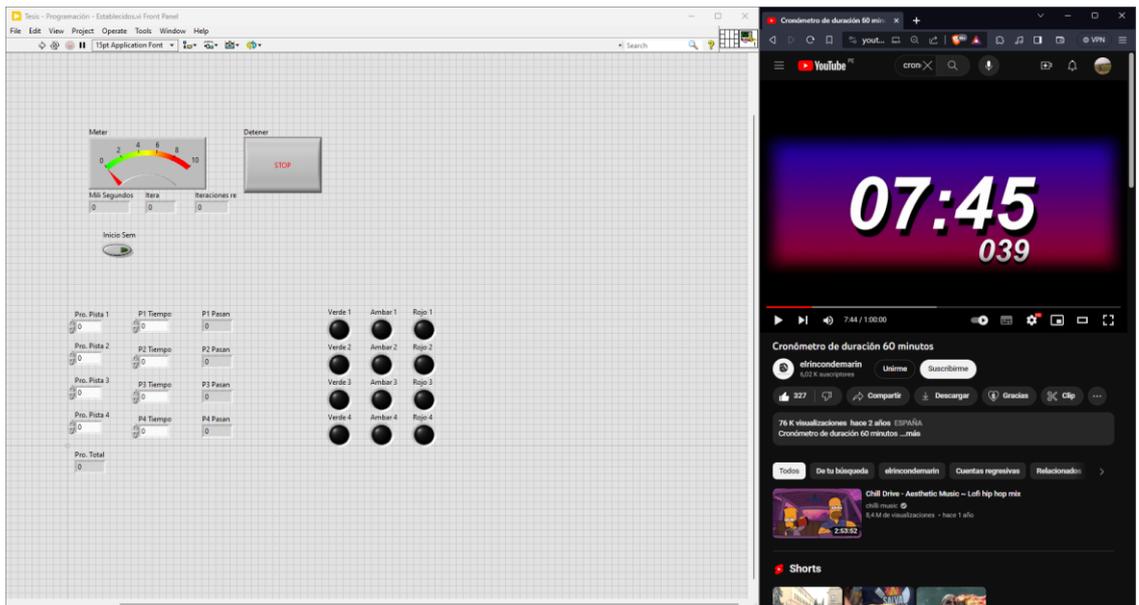


Figura 77:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 21*

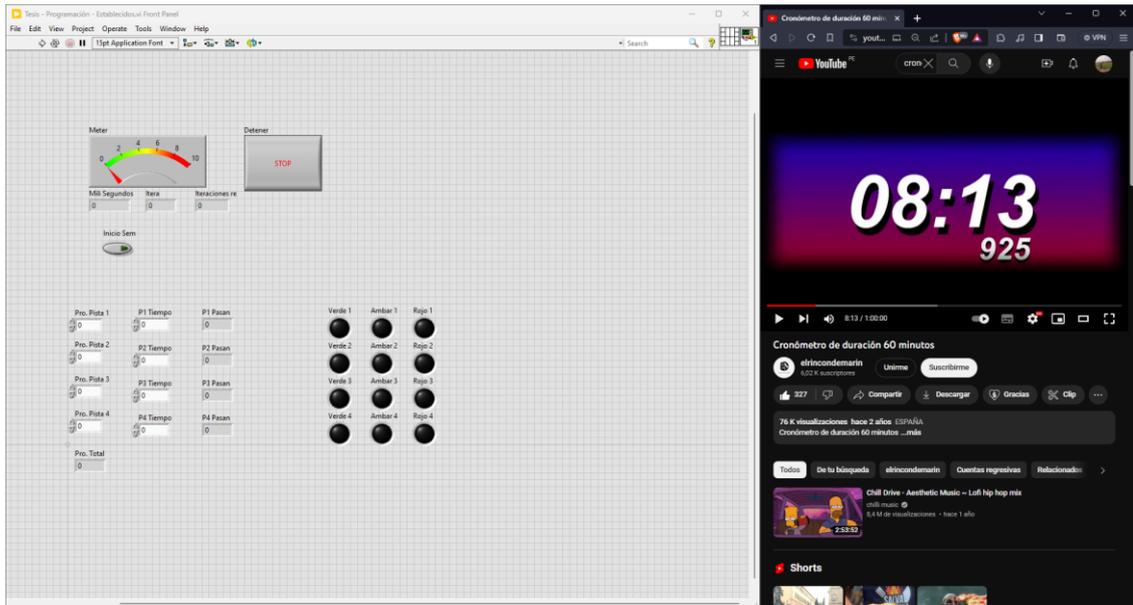


Figura 78:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 22*

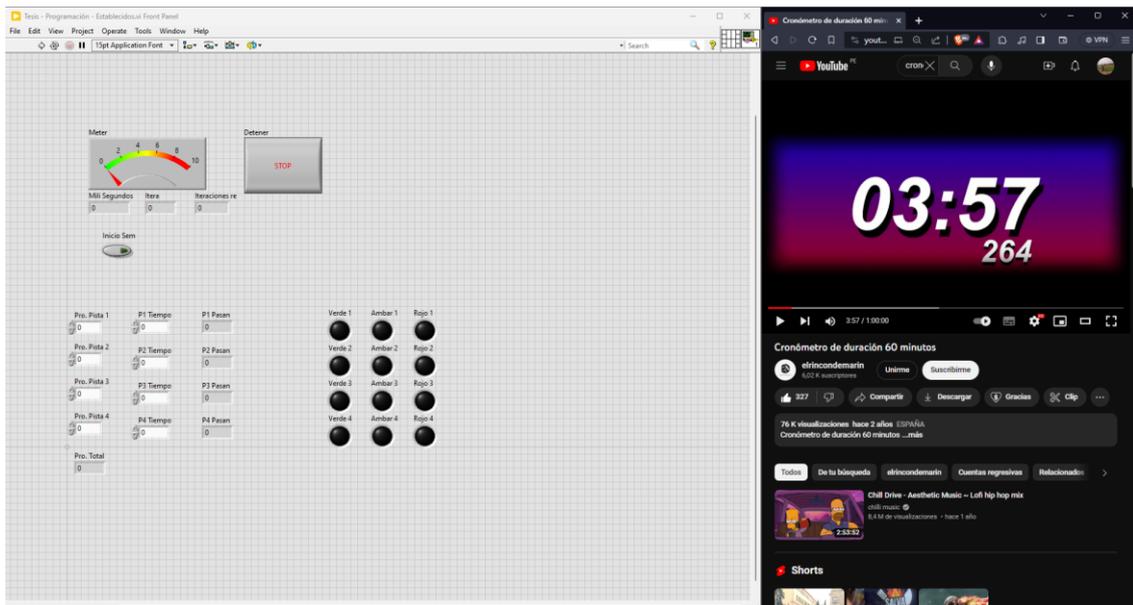


Figura 79:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 23*

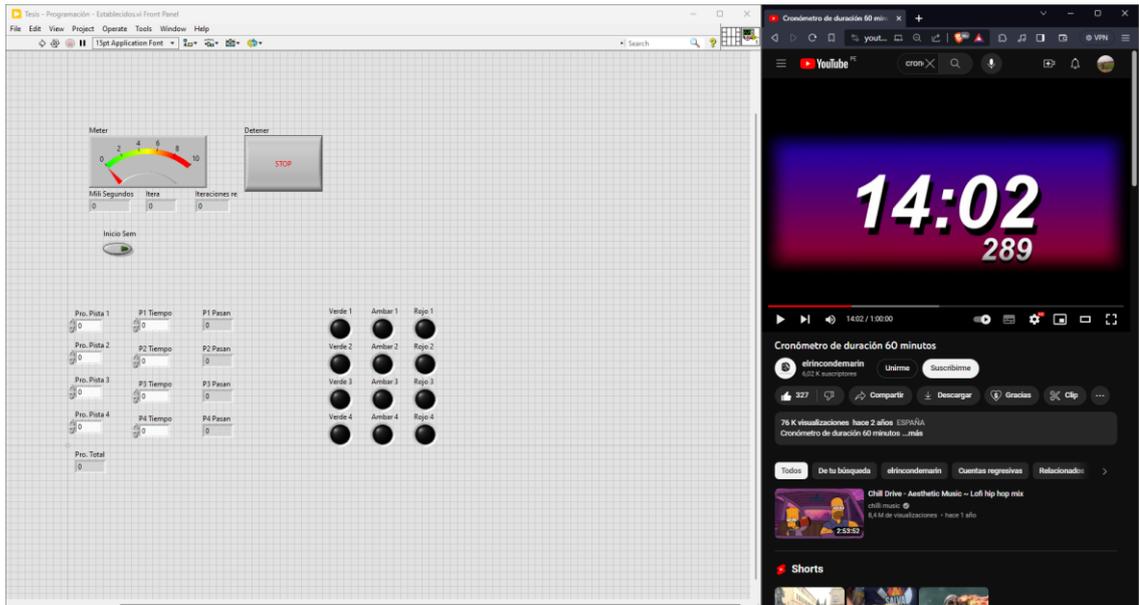


Figura 80:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 24*

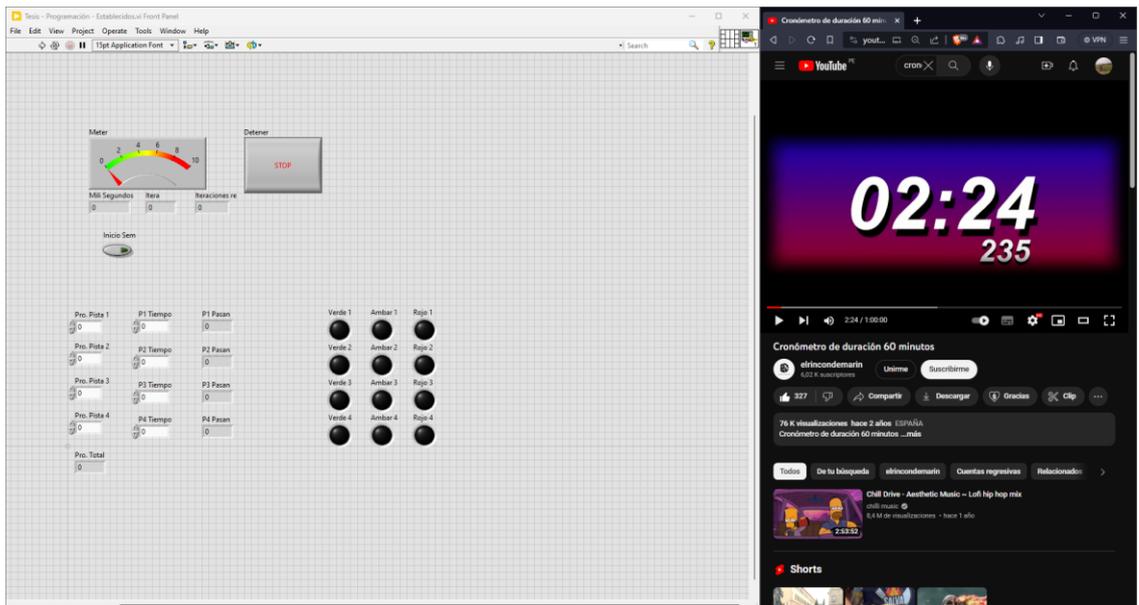


Figura 81:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 25*

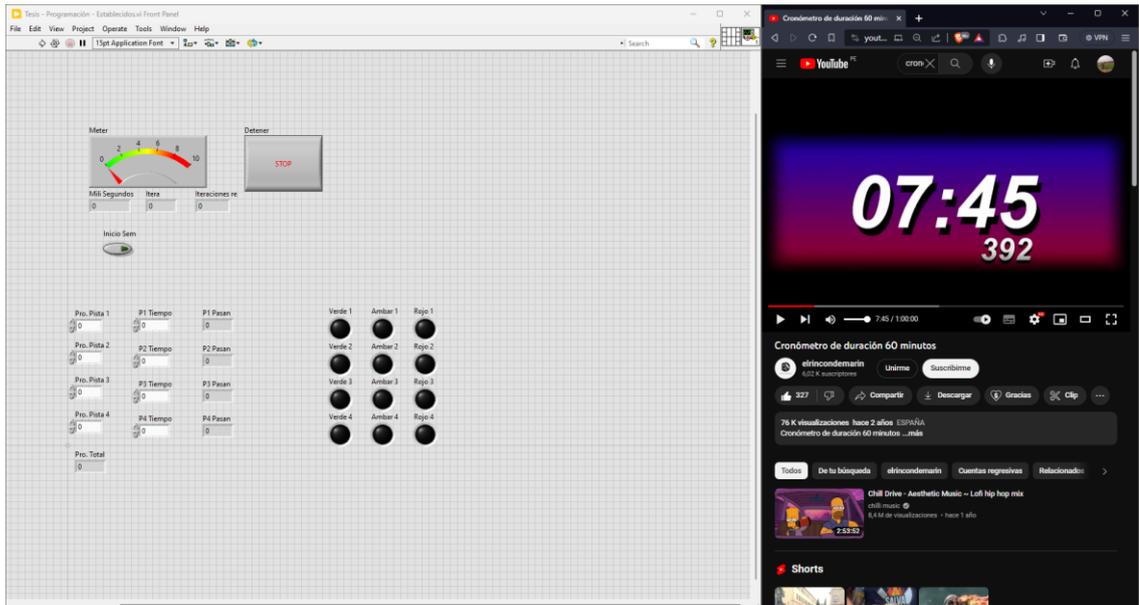


Figura 82:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 26*

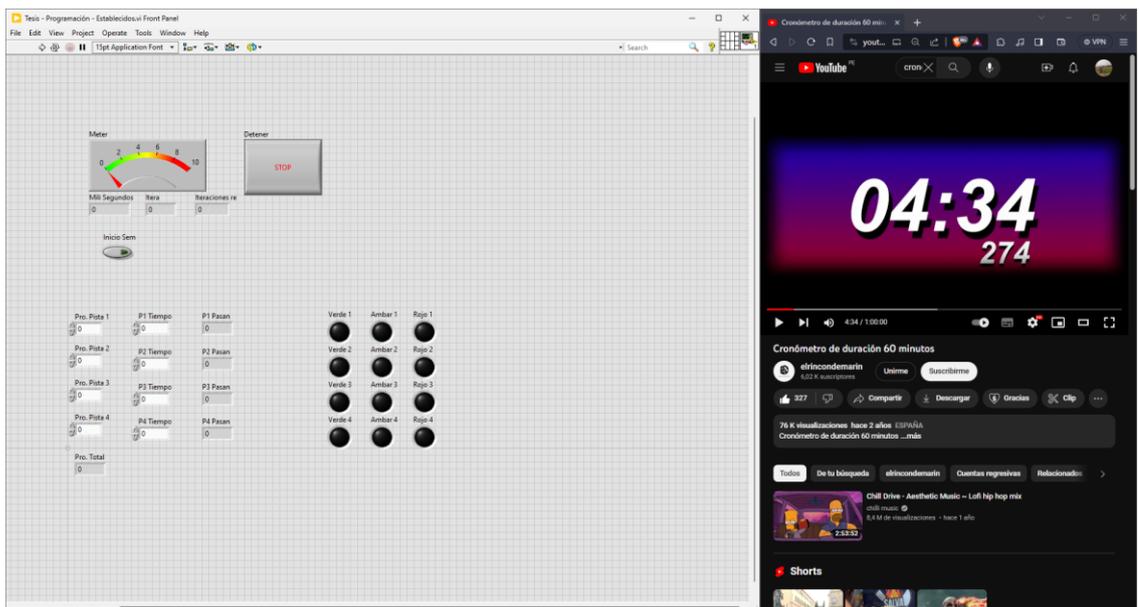


Figura 83:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 27*

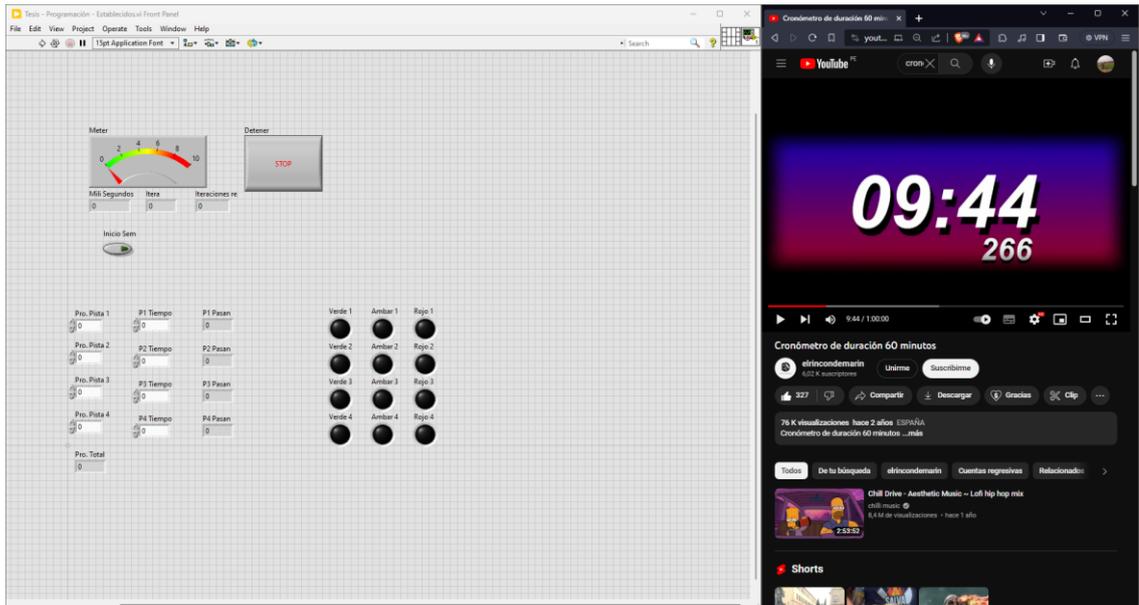


Figura 84:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 28*

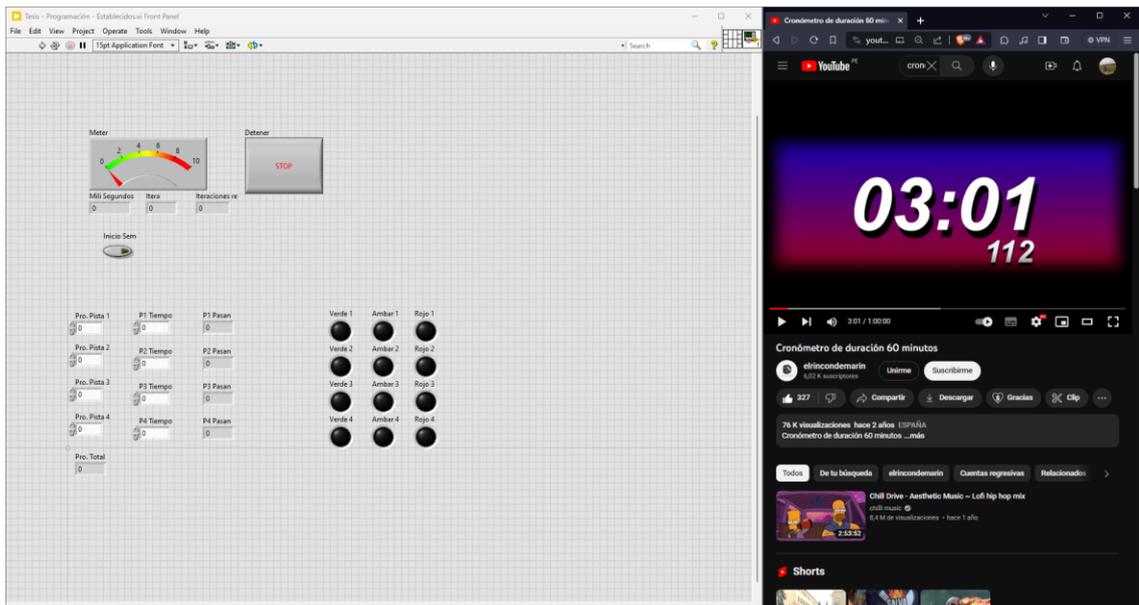


Figura 85:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 29*

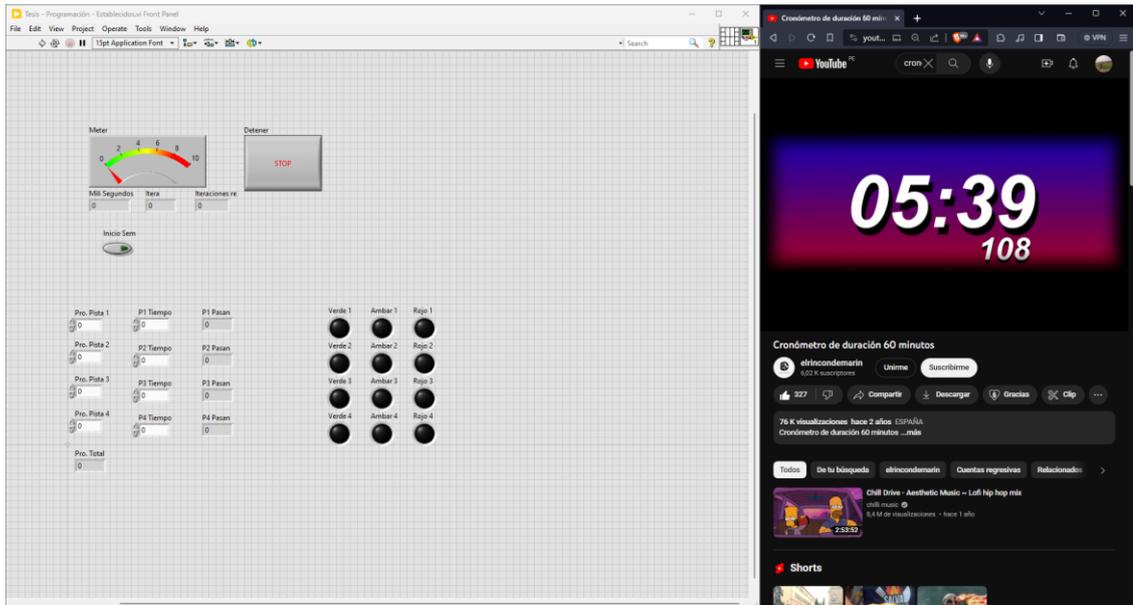
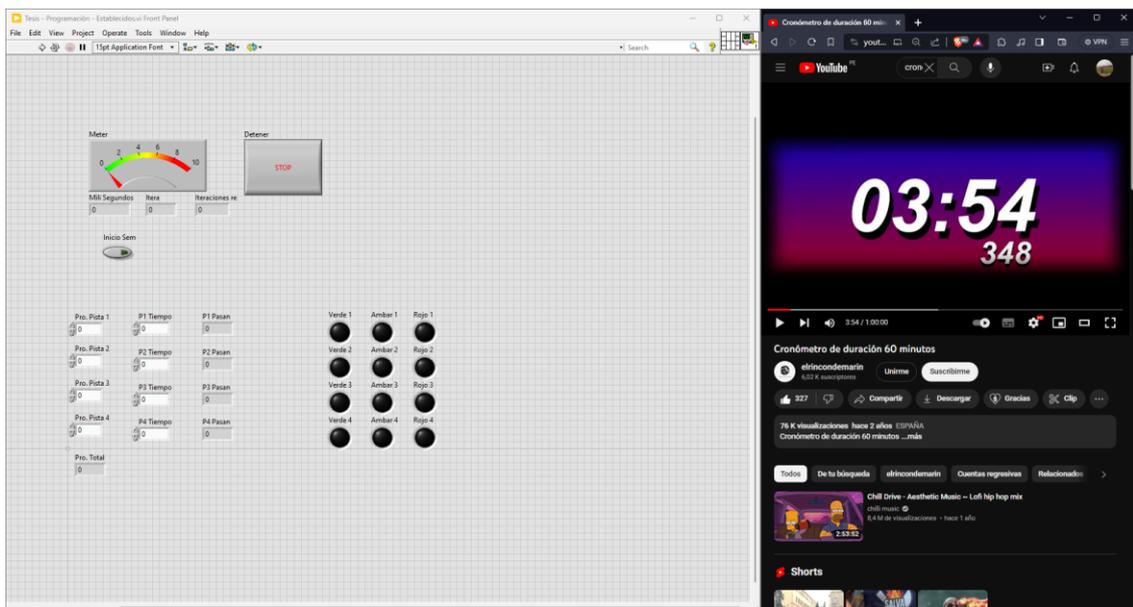


Figura 86:

*Simulación de algoritmo de tiempos fijos del ítem 30*



# Anexo 7: Algoritmo comparativo en LabVIEW

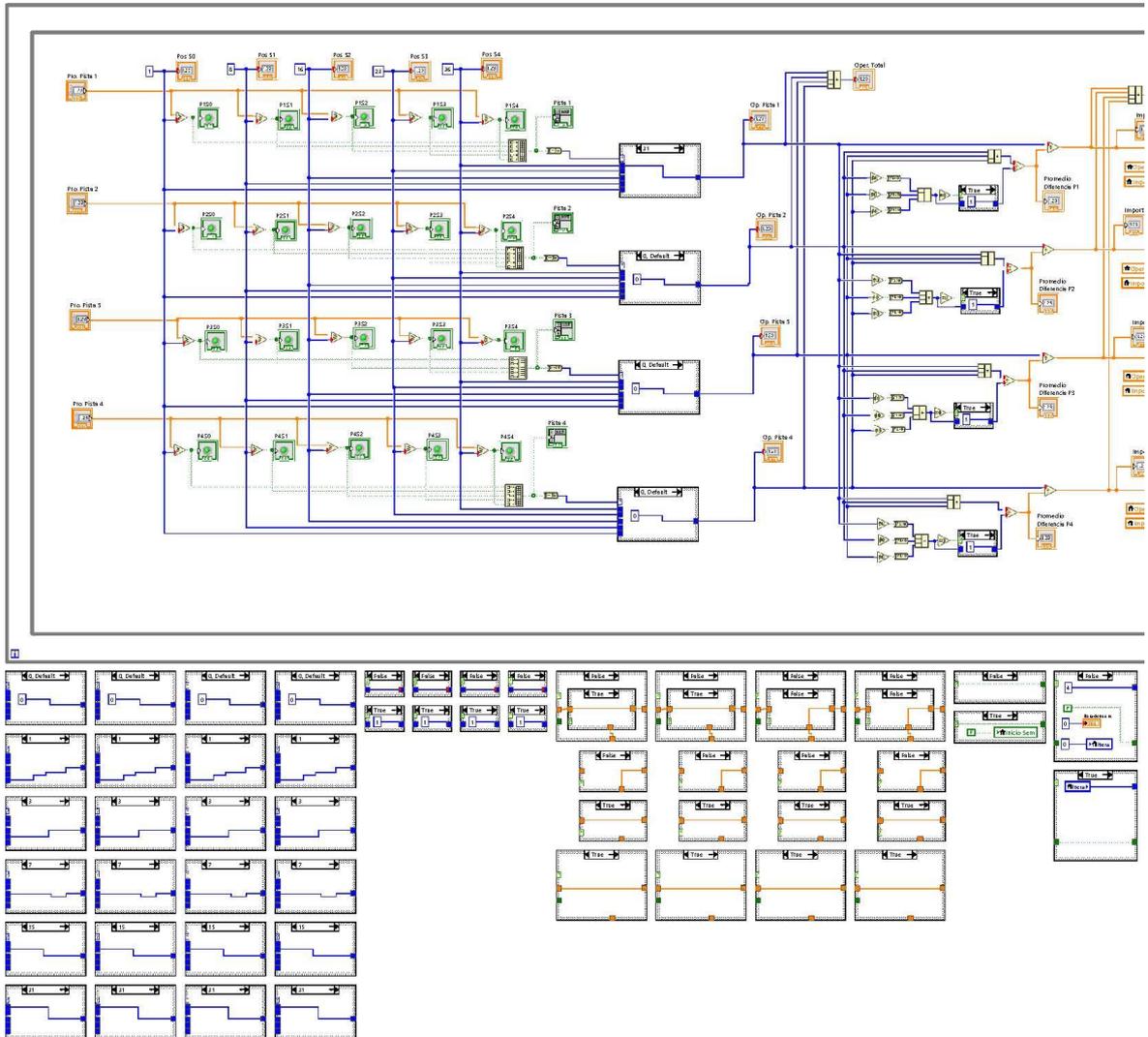
Tesis - Programación - Comparativo.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Comparativo.vi

Last modified on 27/09/2023 at 04:43 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:03 p. m.

Block Diagram



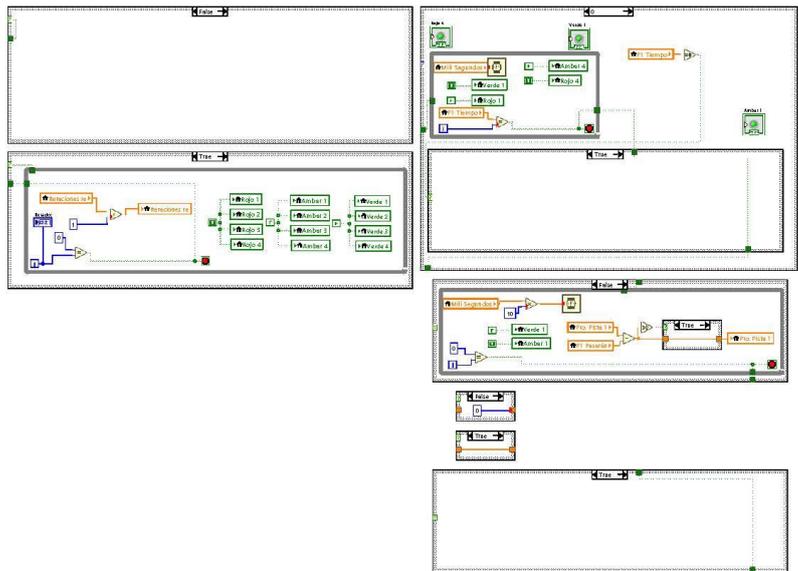
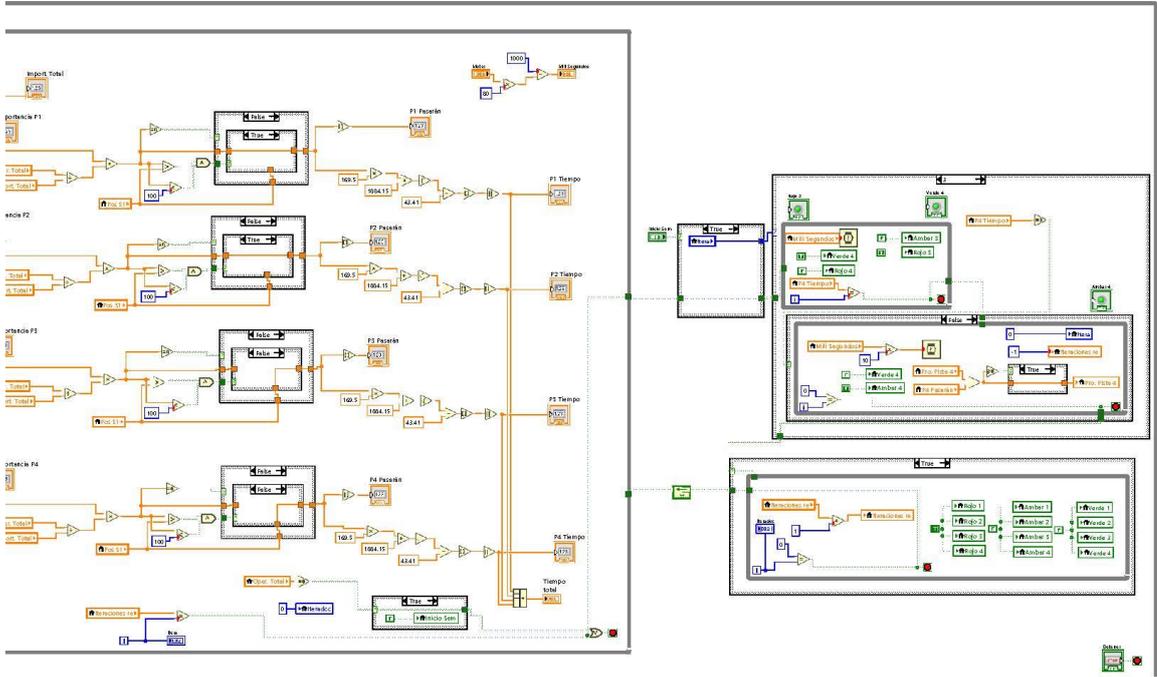


Tesis - Programación - Comparativo.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Comparativo.vi

Last modified on 27/09/2023 at 04:43 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:03 p. m.



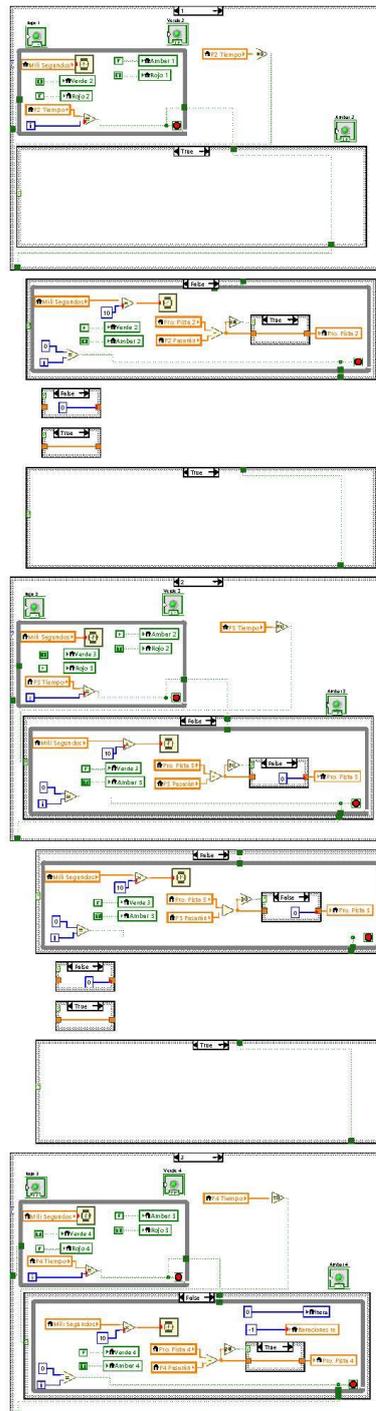


Tesis - Programación - Comparativo.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Comparativo.vi

Last modified on 27/09/2023 at 04:43 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:03 p. m.



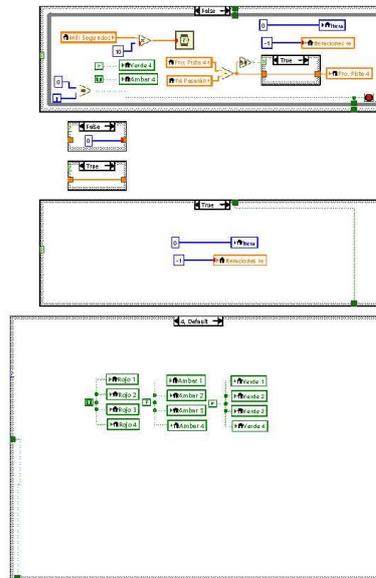


Tesis - Programación - Comparativo.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Comparativo.vi

Last modified on 27/09/2023 at 04:43 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:03 p. m.



## Anexo 8: Algoritmo de tiempos fijos en LabVIEW

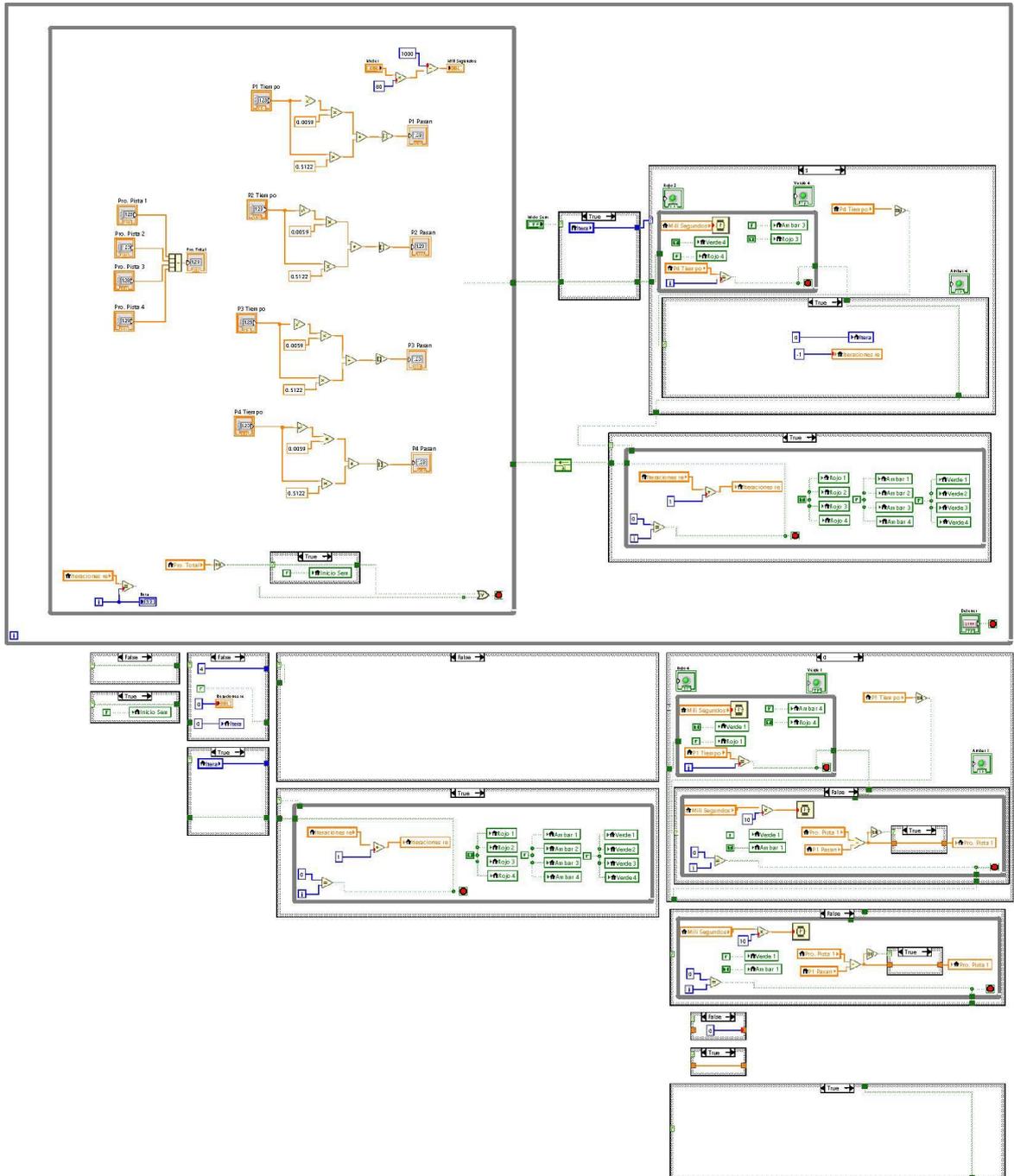


Tesis - Programación - Establecidos.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Establecidos.vi

Last modified on 27/09/2023 at 09:56 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:21 p. m.



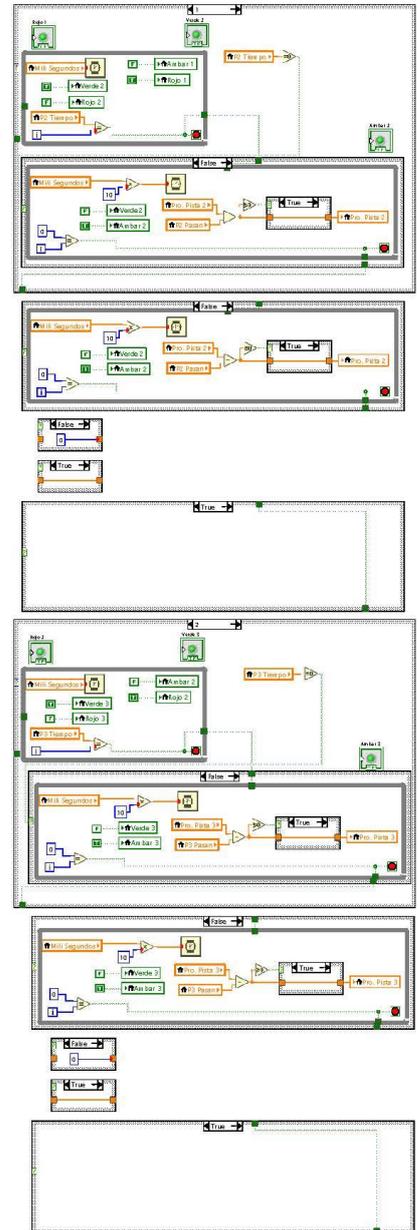


Tesis - Programación - Establecidos.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Establecidos.vi

Last modified on 27/09/2023 at 09:56 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:21 p. m.



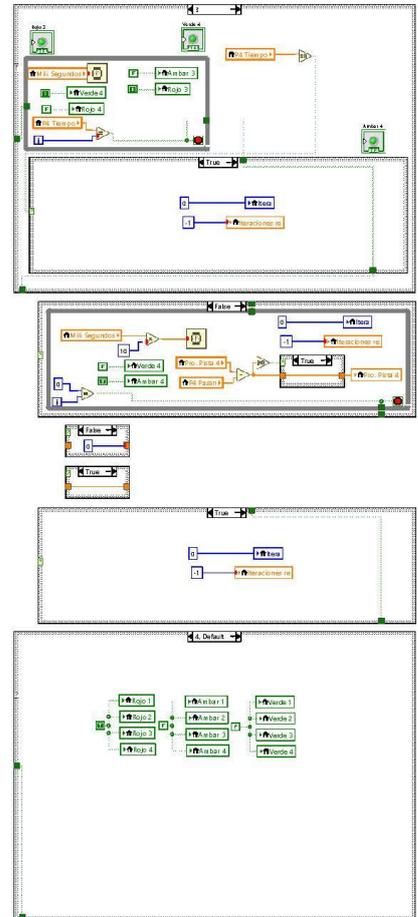


Tesis - Programación - Establecidos.vi

C:\Users\Lenovo\OneDrive - uct.edu.pe\Universidad Católica de Trujillo\Tesis - Programación - Establecidos.vi

Last modified on 27/09/2023 at 09:56 p. m.

Printed on 09/10/2023 at 08:21 p. m.



# INFORME DE TESIS - PARRA CASTAÑEDA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	1%
2	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	<1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%
8	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	vdocuments.net Fuente de Internet	<1%

		<1 %
10	Submitted to University of Sheffield Trabajo del estudiante	<1 %
11	www.contrapunto.com.sv Fuente de Internet	<1 %
12	www.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
14	futurememory-transportation.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
15	www.cacic2016.unsl.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
16	www.camionesybusesvw.com.ar Fuente de Internet	<1 %
17	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.argentinainvestiga.edu.ar Fuente de Internet	<1 %

21	Submitted to Universidad San Marcos Trabajo del estudiante	<1 %
22	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
23	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
24	www.chevrolet.com.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
26	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Ana G. Méndez University Trabajo del estudiante	<1 %
29	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	<1 %
30	grodansparadis.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	rpp.pe Fuente de Internet	<1 %

33	<a href="http://dspace.cvut.cz">dspace.cvut.cz</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://emelysalva.wordpress.com">emelysalva.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://frrq.cvg.utn.edu.ar">frrq.cvg.utn.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar">pa.bibdigital.uccor.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://pdfslide.net">pdfslide.net</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 10 words