

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
BACHILLERATO EN LA CARRERA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL  
APROVECHAMIENTO DE LA PLATAFORMA  
LABVIEW DENTRO DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA  
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA,  
LLORENTE 2020**

**Sustentante:**

**Hans Acuña Miranda**

**Tutor:**

**Ing. Mauricio Armas Sandí**

**Diciembre, 2020**

# DECLARACIÓN JURADA

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Hans Acuña Miranda, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 206960614 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Electrónica, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA PLATAFORMA LABVIEW DENTRO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA, LLORENTE 2020, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 26 días del mes de Diciembre del año dos mil veinte.



Firma del estudiante

Cédula: 206960614

# CARTA DEL TUTOR



## CARTA DEL TUTOR

San José, 24 de DICIEMBRE del 2020

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante HANS ACUÑA MIRANDA, cédula de identidad número 2-0696-0614, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA PLATAFORMA LABVIEW DENTRO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA, LLORENTE 2020", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

**Tabla 1** Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	10
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	20
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	30
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
Total:		100	100

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Mauricio Daniel Armas Sandi  
Cédula de identidad: 01-1361-0843  
Carné colegio profesional: IEL-22359

# CARTA DEL LECTOR



## CARTA DEL LECTOR

San José, 15 de enero del 2021

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Hans Acuña Miranda, cédula de identidad número 2-0696-0614, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *"DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA PLATAFORMA LABVIEW DENTRO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA, LLORENTE 2020"*, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

JOSETH  
GUILLEN  
AMADOR  
(FIRMA)

Firmado  
digitalmente por  
JOSETH GUILLEN  
AMADOR (FIRMA)  
Fecha: 2021.01.15  
13:03:44 -06'00'

Joseth Guillén Amador  
Cédula de identidad: 1-1138-0984.  
Carné colegio profesional: CPIC-6064

# CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA

## CONSULTA

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 15 de enero de 2021

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Hans Acuña Miranda** con número de identificación **206960614** autor (a) del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA PLATAFORMA LABVIEW DENTRO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA, LLORENTE 2020** presentado y aprobado en el año **2020** como requisito para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Electrónica**; (**S**/ NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

  
Firma y Documento de Identidad

206960614

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA .....	II
CARTA DEL TUTOR .....	III
CARTA DEL LECTOR.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ABREVIATURAS.....	XIII
DEDICATORIA .....	XIV
AGRADECIMIENTO .....	XV
RESUMEN.....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DEL PROYECTO.....	1
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	2
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.....	2

1.1.2	Justificación del problema.....	3
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3	OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	9
1.3.1	Objetivo General.....	9
1.3.2	Objetivos Específicos.....	9
1.4	ALCANCES Y LIMITACIONES .....	10
1.4.1	Alcances .....	10
1.4.2	Limitaciones.....	11
CAPÍTULO II.....		12
MARCO TEORICO.....		12
2.1	CONTEXTO DEL PROYECTO .....	13
2.2	LabVIEW .....	14
2.2.1	Origen .....	14
2.2.2	Entorno .....	15
2.2.3	Diagrama de Flujo de Datos .....	18
2.3	myDAQ.....	19
2.3.1	Hardware .....	19

2.4 Aplicaciones de software.....	21
2.4.1 Distribución de Aplicaciones en LabVIEW .....	22
2.4.2 Ejecutables .....	22
2.4.3 Instaladores .....	23
2.4.4 Librerías .....	25
2.4.5 Código Fuente.....	25
2.5 NI-VISA .....	26
CAPÍTULO III.....	28
MARCO METODOLÓGICO.....	28
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.1.1 Finalidad de la Investigación.....	29
3.1.2 Enfoque de la Investigación.....	30
3.1.3 Dimensión Temporal.....	32
3.1.4 Marco de la Investigación .....	33
3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	35
3.2.1 Fuentes Primarias.....	35
3.2.2 Fuentes Secundarias.....	36



	IX
3.2.3	Sujetos de Información ..... 36
3.3	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS ..... 37
3.3.1	Observación..... 37
3.3.2	Entrevista..... 38
3.3.3	Encuesta..... 39
3.4	VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 40
3.4.1	Definición de variables..... 40
3.4.2	Diseño de investigación..... 43
3.5	IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 46
CAPÍTULO IV	..... 48
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	..... 48
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... 49
4.2	RECOLECCIÓN DE DATOS ..... 50
4.2.1	Observación..... 51
4.2.2	Entrevista..... 52
4.3	ANÁLISIS DE LOS DATOS ..... 53
4.4	DESARROLLO DEL PROYECTO ..... 54

	X
CAPÍTULO V .....	57
DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....	57
5.1 ASPECTOS DE DISEÑO .....	58
5.2 DISEÑO Y CÓDIGO DE LOS PROGRAMAS .....	59
5.2.1 Práctica Resuelta .....	59
5.2.2 Examen .....	63
5.3 DEPURACIÓN DE ERRORES Y RESULTADOS .....	65
5.4 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO .....	65
5.5 ANÁLISIS DE COSTOS .....	67
CAPÍTULO VI .....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
6.1 CONCLUSIONES .....	71
6.2 RECOMENDACIONES .....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	74
GLOSARIO .....	76
ANEXO .....	77
Lista de anexos .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Diagrama Causa - Efecto.....	7
Ilustración 2 Osciloscopio creado en LabVIEW.....	16
Ilustración 3 Ejemplo de Programa Simple.....	17
Ilustración 4 Ejemplo de condición de carrera.....	19
Ilustración 5 Disposición física de las terminales del myDAQ .....	21
Ilustración 6 Ejemplo de Instalador Personalizado.....	24
Ilustración 7 Representación gráfica del proyecto.....	47
Ilustración 8 Diagrama de flujo de las etapas del proyecto .....	56
Ilustración 9 Contenidos de la carpeta “Solución” .....	60
Ilustración 10 LabVIEW Project del ejercicio. ....	60
Ilustración 11 Ejemplo de Panel Frontal.....	61
Ilustración 12 Ejemplo de Diagrama de Bloques.....	62
Ilustración 13 Ejemplo de Examen .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de cursos de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana.....	4
Tabla 2 Distribución de cursos de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana según la malla curricular propuesta.....	5
Tabla 3 Distribución de Canales en un myDAQ .....	20
Tabla 4 Cuadro de Variables del Proyecto .....	42
Tabla 5 Diseño de la Investigación.....	44
Tabla 6 Desglose de Gastos .....	67
Tabla 7 Ingresos por matrícula.....	68
Tabla 8 Pago de la Inversión.....	68

## **ABREVIATURAS**

UH: Universidad Hispanoamericana

NI: National Instruments

HMI: Human Machine Interface (Interfaz Humano-Máquina)

DFP: Data Flow Programming (Programación por Flujo de Datos)

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

SINAES: Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior

VISA: Virtual Instrument Software Architecture (Software de Arquitectura de Instrumento Virtual)

SCPI: Standard Commands for Programmable Instruments

DAQ: Data Acquisition (Adquisición de Datos)

## DEDICATORIA

Fue en la Navidad de 1997, cuando apenas estaba por entrar al kínder, que mi tío me mostró un semáforo que había hecho con “push buttons” y 3 LEDs. Recuerdo también que me sentó en el regazo y me enseñó la manera en la que la flechita blanca se movía en la pantalla al mover el ratón de bolita en lo que probablemente era una computadora con Windows 95.

La mejor parte de ir a su casa era ver qué cosa nueva me iba a enseñar, porque desde aquel momento había decidido que quería ser ingeniero como él para poder hacer semáforos con LEDs.

Cuando murió repentinamente en 1999, sentí que eso ya no se iba a poder sin él. A medida que fui creciendo cada decisión a la hora de estudiar y trabajar siempre ha sido con el objetivo de llegar donde él llegó una vez.

Finalmente estoy aquí, 21 años después. Me tomó más de lo que hubiera querido, pero no cambiaría nada. Dedico mi trabajo final a su memoria y a ese empujón inicial que me dio en la Navidad del 97’.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco enormemente a todas las personas que de una u otra manera me acompañaron en diferentes etapas de mi carrera, como compañeros, profesores, supervisores y demás personas cercanas que me echaron un empujón en algún momento. Han sido muchos los que se han unido y se han ido de mi lado en este viaje, y a cada uno le debo mi más sincero agradecimiento por haber estado.

## RESUMEN

Vivimos en una época sin precedentes. Cambios rápidos y forzados se vuelven necesarios para resolver los problemas que retan a la humanidad cada día. La comunidad científica siempre ha estado al frente de resolver estos problemas, y para ello ha tenido que valerse de distintas herramientas a lo largo de los años.

Partiendo de este hecho, la Universidad Hispanoamericana va a empezar un plan de actualización del Programa de Estudios de Ingeniería Electrónica. Como parte de estas mejoras, se planea la adquisición de hardware y software para laboratorio de la marca NI (anteriormente National Instruments), para ofrecer nuevas posibilidades en una era cada vez más digital.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, por sus siglas en inglés) es un entorno de programación utilizado por miles de científicos y estudiantes alrededor del mundo, cuya gran versatilidad permite la simulación de múltiples escenarios de prueba.

LabVIEW fue creado en 1986 como una alternativa digital a los instrumentos de medición de la época, que eran sumamente costosos y necesitaban mucho espacio. Con el paso de los años fue incorporando funciones que resolvieran necesidades inmediatas y hoy en día cuenta con decenas de funciones incluidas en el entorno base y cientos de funciones creadas por la comunidad de usuarios.



Este proyecto se enfocará en la creación de ejercicios para el curso de Instrumentación Virtual, enfocándose en temas como la programación en entornos gráficos, adquisición y procesamiento de datos, creación de HMIs e implementación y manejo de instrumentos virtuales. Este proyecto se alinea con la Visión de la Universidad al contribuir con la actualización permanente de sus programas de estudio.

Estos ejercicios serán desarrollados en colaboración cercana con la Dirección de Carrera y los Profesores de esta, ya que estos serán los encargados de trabajarlos en sus clases oportunamente.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DEL PROYECTO**

## 1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

### 1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.

La Universidad Hispanoamericana nace en 1982 bajo el nombre de Colegio Sapienta, que estaba adscrito a la Universidad autónoma de Centroamérica (UACA). En 1992, solicitan permiso al Estado costarricense para ser formalmente reconocidos como universidad independiente.

Actualmente cuenta con más de 30 carreras a nivel de técnico, bachillerato, licenciatura, y maestría. Cuenta con sedes en Llorente de Tibás, Heredia, Puntarenas, Barrio Aranjuez y Barrio Escalante.

*Misión: “Nuestra misión es la formación de profesionales líderes y generadores de cambio que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad costarricense y del exterior, mediante el desarrollo de la docencia, la investigación y la acción social, en el ámbito académico, humanístico, tecnológico y empresarial.”*

*Visión: “Ser la Universidad que brinda la mejor calidad académica por medio de una evaluación continua del quehacer universitario, las políticas de contacto con las empresas costarricenses y la permanente actualización de los programas que la universidad desarrolla.”*

En toda Institución, la Misión y la Visión de esta son la guía para las decisiones que se toman tanto a nivel administrativo como académico. Recientemente, la UH vio puesta a

prueba su capacidad de toma de decisiones ante la pandemia causada por el COVID-19 que tomó por sorpresa al mundo entero. Entendiendo la necesidad de seguir preparando profesionales para el futuro, adaptaron rápidamente sus plataformas para asegurar la continuidad de los cursos y que los estudiantes no se atrasaran en sus estudios.

La carrera de Ingeniería Electrónica es una de las que más tiempo se ha impartido en esta universidad. Su programa de estudios se aprueba por primera vez en 1993, apenas un año después de que la Universidad adoptara su nombre actual. Desde ese entonces el programa de estudios ha pasado por varias revisiones, siendo la del 2010 la que aún sigue vigente.

Adoptar los cursos de la carrera a un formato digital que permitiera la continuidad de los estudios ha sido un reto particularmente difícil, ya que muchos de estos son de carácter práctico y la experiencia de aprendizaje recae totalmente en la experimentación con equipos de laboratorio y la construcción de proyectos.

### **1.1.2 Justificación del problema**

Si se toma el Programa de Estudios como se muestra en el segundo cuatrimestre del año 2020, la carrera de Ingeniería electrónica cuenta con la siguiente distribución de cursos:

Tabla 1 Distribución de cursos de Ingeniería Electrónica de la Universidad  
Hispanoamericana.

Totalidad de cursos	Cursos propios de la carrera (No compartidos con otra carrera)	Cursos impartidos en modalidad de Laboratorio o Taller
39	23	9

Fuente: Elaboración del autor.

Se puede observar que un 23% (Universidad Hispanoamericana, s.f.) de los cursos de la carrera están actualmente diseñados para trabajarse en modalidad de Taller o Laboratorio, lo cual es poco cuando se toma en cuenta que para muchos estudiantes será su primera interacción con herramientas y componentes electrónicos.

Ante este hecho, se han incluido ejercicios de laboratorio en los cursos teóricos para reforzar los conceptos vistos en clase, y que la teoría sea más entendible al verla aplicada en un experimento. Aunque esta propuesta es acertada, no siempre se cuenta con el espacio o los equipos de laboratorio necesario para realizarlas.

Otra situación que se da es con los estudiantes que ya están familiarizados al ser provenientes de un instituto técnico y/o trabajar en un área afín a la carrera en la que está en contacto con equipos industriales. Estos estudiantes se ven beneficiados de

exponerse a nuevas tecnologías que actualicen sus conocimientos, y refuercen las bases que ya tienen.

Debido a estos factores, las Instituciones que imparten carreras técnicas están constantemente en la necesidad de reinventar sus programas de estudio, tanto los contenidos como la forma en que se imparten. Esto se debe a que el avance de la tecnología está constantemente desplazando ideas y conceptos que poco a poco van quedando obsoletos.

La carrera de Ingeniería Electrónica de la UH no escapa a esta realidad, y tanto la Dirección de Carrera como sus Profesores reconocen que es tiempo de modernizar los programas. Actualmente existe una propuesta para una nueva malla curricular (ver Anexos), que cambia la forma y el fondo de la carrera significativamente.

Tabla 2 Distribución de cursos de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana según la malla curricular propuesta.

Totalidad de cursos	Cursos propios de la carrera (No compartidos con otra carrera)	Cursos impartidos en modalidad de Laboratorio o Taller
45	29	14

Fuente: Elaboración del Autor

Se puede observar que en la nueva propuesta la cantidad de cursos prácticos pasa a ser el 31%, lo cual es una mejora nada despreciable con respecto al actual programa. Con esta nueva estructura también se perseguiría la acreditación de la carrera por medio de SINAES, lo que le da un valor adicional.

Uno de los primeros cursos prácticos en el nuevo programa de estudios sería Instrumentación Virtual. Este curso comprendería el estudio y aplicación de la plataforma LabVIEW desarrollada por NI, así como el uso del dispositivo de adquisición de datos NI-myDAQ y el control de instrumentos de sobremesa por medio del protocolo VISA.

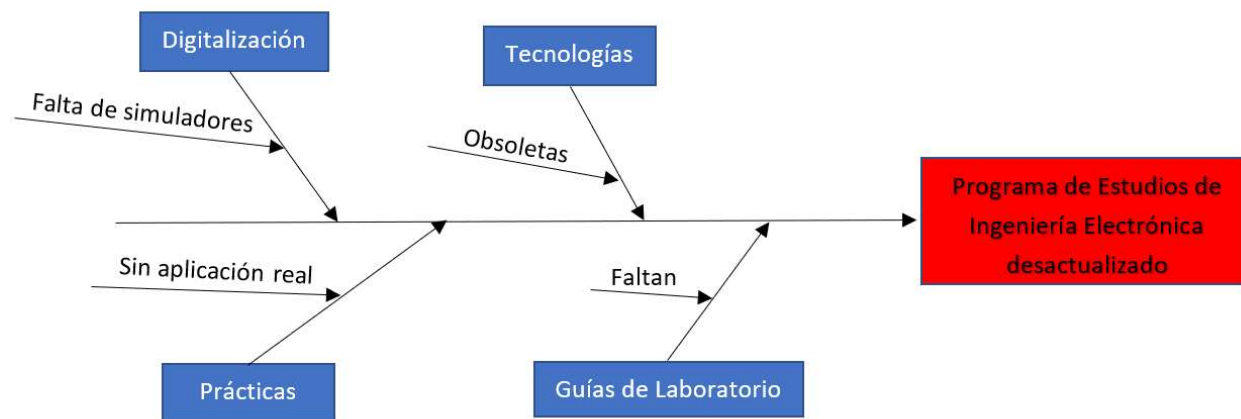
Como entorno de programación, LabVIEW no tiene un competidor directo, por el contrario, se complementa muy bien con otros entornos y plataformas populares como Visual Studio, Matlab, Python, Arduino, Raspberry, y más.

Junto con la inversión económica para obtener estas herramientas, se necesita un programa adecuado de ejercicios que abarque desde los principios de uso hasta proyectos más avanzados que requieran entendimiento de los principios de programación en múltiples lenguajes y procesamiento de señales analógicas y digitales.

El sustentante tendrá la responsabilidad de crear una propuesta de programa para dicho curso acordado con la Dirección de Carrera y Profesores, apegándose a las normas de estilo y mejores prácticas definidas por NI al estar certificado como Desarrollador Asociado de LabVIEW (CLAD).

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ilustración 1 Diagrama Causa - Efecto.



Fuente: Elaborado por el autor.

En el diagrama causa – efecto mostrado arriba, se puede apreciar que el problema de tener un Programa de Estudios desactualizado tiene causas definidas por el tipo de herramientas disponibles y el uso que se les da.

- a. **Tecnologías:** Los programas de curso incluyen referencias a herramientas obsoletas que ni siquiera existen en el campus, como el reproductor de VHS. Por otro lado, omite la mención de recursos tecnológicos vigentes que los estudiantes pueden acceder virtualmente para complementar los temas vistos en clase.



- b. Guías de Laboratorios:** Los laboratorios no cuentan con guías estandarizadas para cada curso, por lo que la experiencia de aprendizaje no es consistente. Actualmente, depende de los recursos personales de cada profesor.
- c. Digitalización:** El uso de simuladores y plataformas digitales para enriquecer la experiencia de aprendizaje no está establecida a nivel del programa de curso, y queda a discreción de cada profesor hacer uso de estas herramientas o no. El uso y dominio de estas herramientas es esencial para enfrentar situaciones en las que hacer uso de las instalaciones del campus no es posible y debe continuarse con el curso bajo esas condiciones.
- d. Prácticas:** Algunos de los ejercicios prácticos de estos cursos no aportan una experiencia aprovechable en el mundo real. Los estudiantes necesitan invertir tiempo y dinero para realizar estas prácticas que no les darán una habilidad que puedan aprovechar en el mercado laboral actual.

Teniendo en cuenta las debilidades del Programa de Estudios anteriormente expuestas, surge la siguiente pregunta:

¿Cómo se pueden aprovechar las funciones de la plataforma LabVIEW para actualizar el Programa de Estudios dentro de la carrera de Ingeniería Electrónica en la Universidad Hispanoamericana, de modo que esta sea más interactiva, digital y alineada con los retos tecnológicos actuales?

## **1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Elaborar una propuesta de Programa de Estudio para el curso de Instrumentación Virtual, mediante el uso de la plataforma NI LabVIEW para actualizar el programa de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana en la sede de Lorente de Tibás.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar un cronograma para el programa del curso mediante MS Project de acuerdo los requerimientos de un curso universitario.
- Desarrollar 10 ejercicios de programación en la plataforma LabVIEW basados en los contenidos del curso LabVIEW Core de NI.
- Redactar 10 guías prácticas de laboratorio en MS Word en formato editable de acuerdo con los requerimientos del curso para la Universidad.
- Redactar la guía para profesor de cada práctica en MS Word en formato editable con respecto a las soluciones aceptadas en las guías prácticas previamente planteadas.
- Redactar 5 propuestas de examen bisemanales en MS Word de acuerdo con los contenidos propuestos para el curso.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1 Alcances**

Se van a elaborar los ejercicios con sus guías únicamente para el curso Instrumentación Virtual planteado para la Universidad Hispanoamericana.

La implementación se hará únicamente en la sede Llorente de la Universidad Hispanoamericana que es donde actualmente se imparten los cursos técnicos de la carrera.

Se desarrollarán dos prácticas para control de instrumentos de medición de la marca GW Instek del laboratorio de Electrónica de la sede de Llorente.

Todos los entregables de esta propuesta se entregarán de manera virtual.

Las guías para los profesores incluirán material de apoyo publicado por el fabricante (NI) para validar las soluciones propuestas.

Las guías para profesores incluirán fuentes oficiales de consulta sobre los temas abarcados en los ejercicios, así como una versión resuelta del mismo. No se darán presentaciones ni minutas de clase.

Las guías se entregarán en formato .DOCX editable en versiones de Microsoft Word 2007 y posteriores.

Las soluciones de los ejercicios se desarrollarán usando LabVIEW 2019 SP1 para asegurar la compatibilidad con versiones posteriores.

### **1.4.2 Limitaciones**

Algunas de las prácticas requieren el uso de un dispositivo NI-myDAQ, por lo cual dependen de la compra de estos dispositivos por parte de la Universidad.

En caso de que la compra del software necesario no se complete durante el desarrollo del proyecto, aún se podrá hacer uso de los programas en sus versiones de prueba de 30 días a fin de evaluar algunas prácticas en ese tiempo.

La manipulación de instrumentos de laboratorio por medio de las aplicaciones está limitado a la cantidad de cables USB que pueda proveer el departamento de Informática de la Universidad.

Todos los ejercicios de programación están probados en Windows 10. No se garantiza su funcionamiento en otra versión de Windows o algún otro sistema operativo.

No es posible trabajar los ejercicios en versiones de LabVIEW anteriores a la 2019 SP1.

Para el generador de funciones GWInstek AFG2000 deben usarse los controladores entregados con este proyecto, ya que los que se encuentran en el sitio web del fabricante no son compatibles con la versión de LabVIEW.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

## 2.1 CONTEXTO DEL PROYECTO

Los ejercicios y demostraciones que se desarrollarán en este proyecto serán programadas usando el software LabVIEW, equipo de adquisición de datos y controladores (drivers) de la marca National Instruments. Este capítulo describe las características y principios de funcionamiento de estas herramientas en específico y no de los sistemas operativos y quipos de cómputo en los que podría trabajar, ya que la compatibilidad es muy amplia y no es un aspecto relevante para el proyecto.

La mayoría de la información mostrada a continuación es tomada de artículos de la base de conocimientos pública de esta marca, también conocida como *Knowledge Base Articles*. Sin embargo, hay ciertos datos y conceptos que son propios del sustentante, al ser este empleado de la empresa en su sede en Lagunilla de Heredia.

Es importante aclarar que, a partir del 16 de junio de 2020, National Instruments cambió su nombre oficialmente a “NI”, y toda futura referencia a la marca se hará con ese nombre. NI Corporate ni National Instruments Ltda. (su subsidiaria en Costa Rica) tienen involucración alguna con la realización de este proyecto, y el sustentante es responsable en su totalidad del desarrollo e implementación de este.

## 2.2 LabVIEW

### 2.2.1 Origen

En 1986 Jeff Kodosky junto a James Truchard, lanzaron al mercado estadounidense la primera versión de LabVIEW, un entorno de desarrollo gráfico que le permitiría a científicos e investigadores personalizar sus tareas de medición (Seegmiller, 2006). Esta primera versión fue desarrollada para Macintosh, por lo que el alcance de esta primera versión fue bastante limitado. No fue sino hasta 1992 con el lanzamiento de LabVIEW 2.5 que se adoptaron plataformas de uso más común como Sun Systems y Windows.

Desde ese momento LabVIEW fue creciendo en popularidad y con esto se fueron añadiendo más funcionalidades, tanto al programa base como paquetes de herramientas por separado. Entre lo más destacado podemos mencionar:

- 1995: La inclusión del *Application Builder* que permite la creación de aplicaciones que no necesitan el entorno de desarrollo para ejecutarse.
- 1999: LabVIEW *Real Time* añadía soporte para sistemas operativos determinísticos (o “real time”).
- 2003: Primera versión del módulo LabVIEW FPGA que permite programar la FPGA de los dispositivos RIO (Reconfigurable IO) de la misma marca sin necesidad de un compilador de bajo nivel.

- 2006: Inclusión de soporte nativo para Programación Orientada a Objetos (OOP por sus siglas en inglés). Este método de programación era muy común en otros lenguajes de programación basados en texto.
- 2018: Inclusión de soporte nativo para usar funciones de código escrito en Python 2.7.0. Actualmente, Python es el lenguaje de programación más usado en el mundo (GitHub, 2020).
- 2020: LabVIEW Community es liberado de manera gratuita para fines no comerciales para cualquiera que desee usarlo. (Emilio, 2020)

### 2.2.2 Entorno

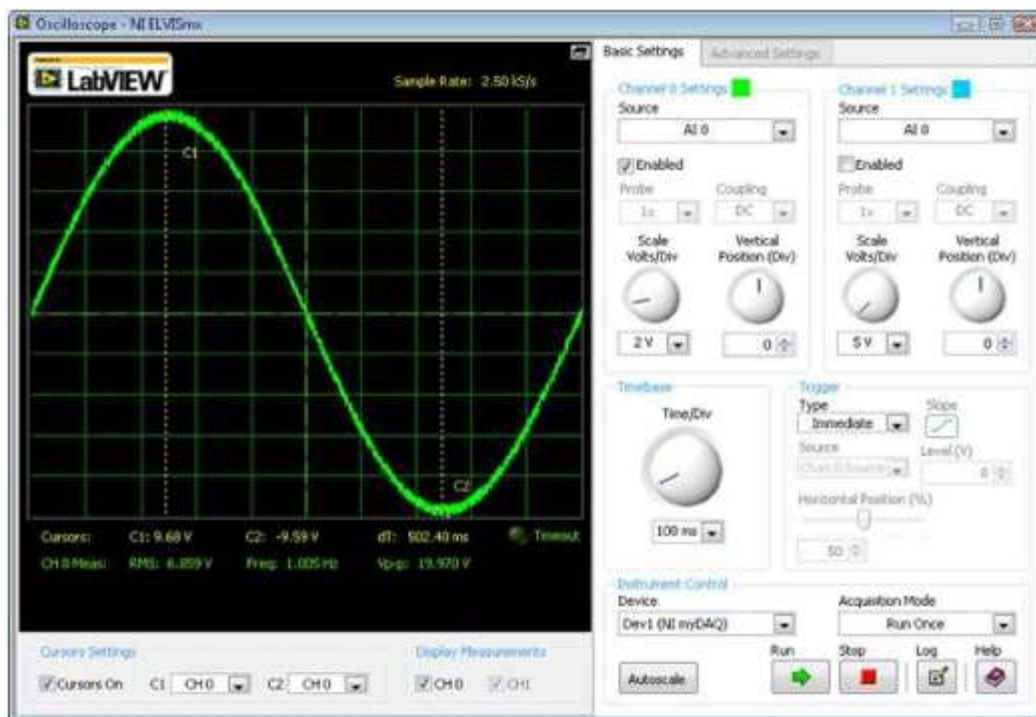
Como se puede leer en la página web del fabricante, “Los programas de LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs ya que su apariencia y operación generalmente imitan a los instrumentos físicos, como osciloscopios y multímetros. LabVIEW contiene una extensa variedad de herramientas para adquirir, analizar, visualizar y almacenar datos, así como herramientas para ayudarle a solucionar problemas en el código que escriba.” (NI, s.f.)

Los programas escritos en LabVIEW constan de secciones: El Panel Frontal donde se añaden los controles e indicadores visuales, y el Diagrama de Bloques donde se desarrolla la programación en un lenguaje que por muchos años ha sido llamado simplemente G.



Los objetos del Panel Frontal pretenden imitar las perillas y botones de lo que sería un instrumento físico. Dependiendo de la aplicación, estas interfaces son diseñadas para cumplir la función de un HMI en entornos de producción, o donde no se espera que el usuario tenga acceso a la programación en el Diagrama de Bloques. En la Ilustración 2 de abajo, se puede ver un ejemplo de un osciloscopio recreado en la plataforma.

Ilustración 2 Osciloscopio creado en LabVIEW



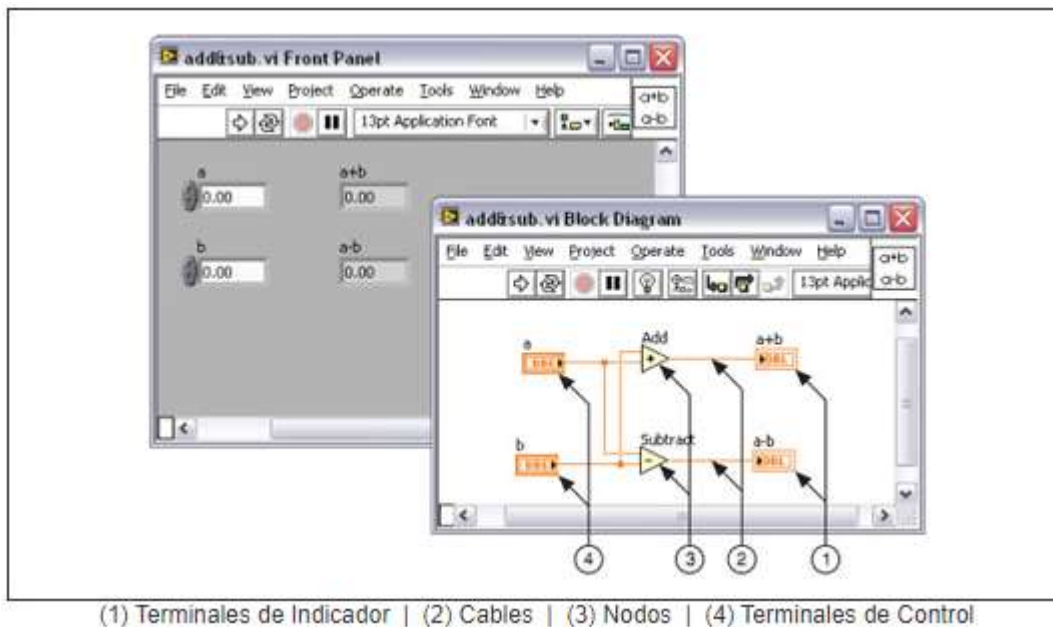
Fuente: <https://www.ni.com/es-mx/support/documentation/supplemental/10/using-mydaq-with-the-ni-elvismx-oscilloscope-soft-front-panel.html>

Los objetos en el Diagrama de Bloques son las funciones que procesan los datos de entrada para generar las salidas deseadas. Las operaciones más usadas vienen incluidas

por defecto con la instalación base, pero el usuario puede crear sus propias funciones personalizadas y poder reutilizarlas en múltiples partes del programa.

Cada operación es un “nodo” en el diagrama, y se compone de “terminales”. Las entradas de datos pueden ser “controles” (modificables desde el Panel Frontal) o “constantes” (valores fijos en el Diagrama de Bloques) y todos se interconectan con “cables”. La Ilustración 3 ejemplifica un programa simple que toma los valores A y B, los suma y resta por separado y muestra ambos resultados en indicadores.

Ilustración 3 Ejemplo de Programa Simple



Fuente: <https://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment#Block%20Diagram>

### 2.2.3 Diagrama de Flujo de Datos

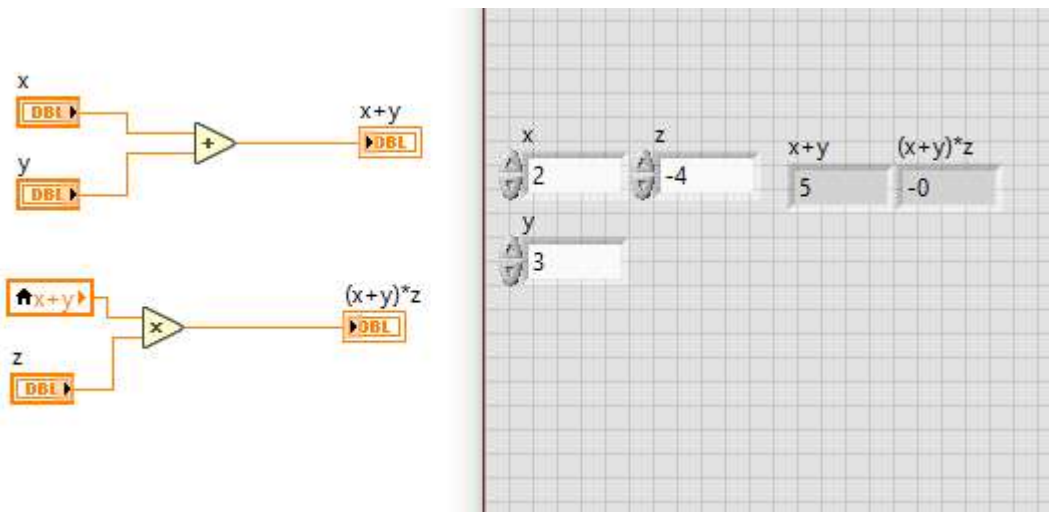
“LabVIEW sigue un modelo de flujo de datos para ejecutar VIs. Un nodo de diagrama de bloques se ejecuta cuando recibe todas las entradas requeridas. Cuando el nodo se ejecuta, produce datos de salida y pasa los datos al siguiente nodo en la trayectoria del flujo de datos. El movimiento de datos a través de los nodos determina el orden de ejecución de los VIs y las funciones en el diagrama de bloques.” (NI, s.f.)

Este modelo de programación facilita la creación de programas de adquisición de datos y procesamiento de archivos, ya que es más sencillo identificar por donde entran los datos, las operaciones que se van a realizar en ellos, y hacia donde van a ir. Una ventaja que menciona Boldt (2012), es permitir a usuarios expandir y crear programas sin necesitar experiencia en programación.

Además, el modelo “permite lograr paralelismo de computación sin introducir complejidad en el desarrollo, resultando en un mayor desempeño en aplicaciones cuando se usan procesadores de múltiples núcleos.” (Boldt, 2012). Este paralelismo introduce un problema particular en LabVIEW conocido como “condición de carrera”. Este es un escenario donde dos líneas de código paralelo intentan acceder un mismo espacio de memoria a la vez y es imposible determinar cuál de las dos operaciones se va a ejecutar primero.

En la Ilustración 4 se ve un ejemplo de una condición de carrera, donde el resultado de  $(x + y) * z$  no es el esperado porque se intenta leer y escribir en un mismo espacio de memoria a la vez.

Ilustración 4 Ejemplo de condición de carrera



Fuente: Elaborado por el autor

## 2.3 myDAQ

### 2.3.1 Hardware

El myDAQ es un dispositivo de adquisición de datos para uso estudiantil, diseñado y fabricado por NI como una alternativa de bajo costo para facilitar la simulación de escenarios de adquisición, procesamiento y generación de señales.

El dispositivo cuenta con varios canales de entradas y salidas de voltaje analógico, un Multímetro Digital (DMM por sus siglas en inglés), una fuente de poder simétrica, entradas de audio, salidas de audio y terminales digitales reconfigurables. En la tabla de abajo se listan las características de este dispositivo:

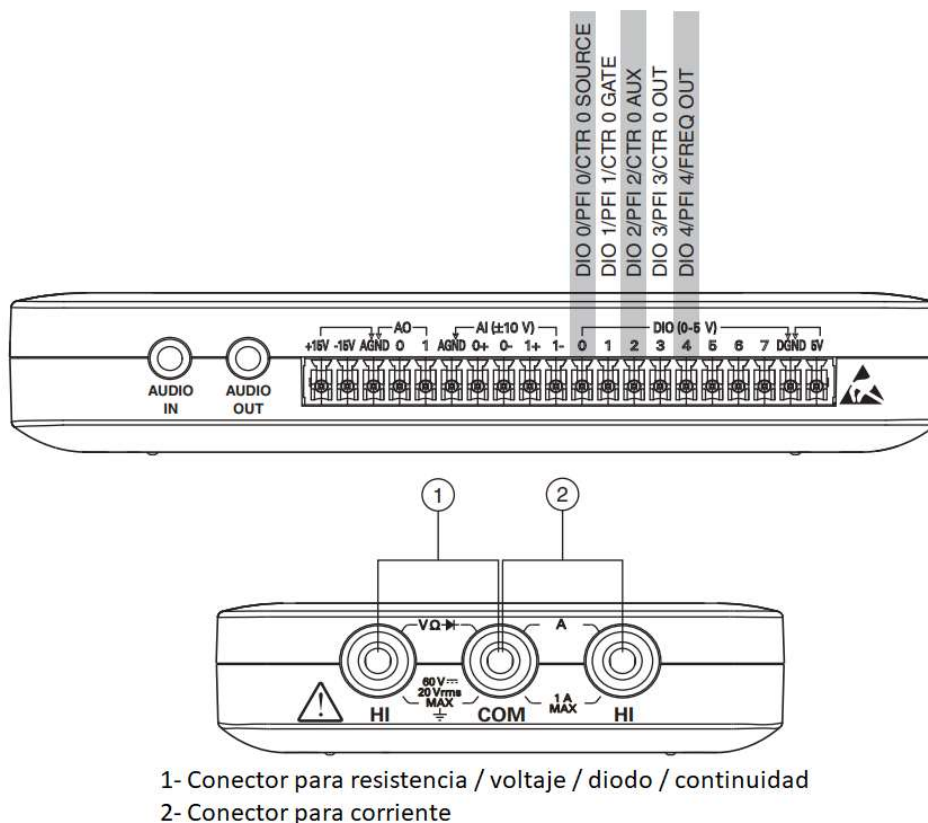
Tabla 3 Distribución de Canales en un myDAQ

<b>Terminal</b>	<b>Cantidad</b>
Entrada de Audio	2
Salida de Audio	2
Fuente de Poder $\pm 15\text{VDC}$	1
Fuente de Poder $+5\text{VDC}$	1
Canales Digitales Reconfigurables	8
Salida Analógica	2
Entradas Analógicas	2
Multímetro Digital	1

Fuente: Elaborado por el autor

Una ventaja que hace este dispositivo ideal para una clase de laboratorio es su tamaño compacto y que recibe su alimentación por medio de un USB Tipo A. Esta misma conexión es usada para conectarse a una computadora y poder trabajar en proyectos con los softwares compatibles.

Ilustración 5 Disposición física de las terminales del myDAQ



Fuente: <https://www.ni.com/pdf/manuals/373060g.pdf>

## 2.4 Aplicaciones de software

Una aplicación de software se define como un programa o conjunto de programas diseñado para un usuario final. Bajo esos términos, cualquier programa que sea usado por un usuario final puede considerarse una aplicación. Las aplicaciones son desarrolladas por el programador, y se entregan de manera tal que su funcionalidad principal no pueda ser alterada.

Existen excepciones en las que las aplicaciones son desarrolladas para ser alteradas por el usuario final con el objetivo de enseñar conceptos de programación como la depuración, escalabilidad o mejoramiento del rendimiento.

#### **2.4.1 Distribución de Aplicaciones en LabVIEW**

LabVIEW ofrece la posibilidad de distribuir aplicaciones programadas en ese entorno de desarrollo para ser usadas en equipos que no cuenten con este. Esta característica permite que una aplicación pueda ser aprovechada por múltiples usuarios finales que no cuenten con una licencia de desarrollo o cuando se desea que la aplicación no sea modificada para otros fines.

Existen muchas maneras de distribuir aplicaciones en esta plataforma, y cada una tiene propósitos específicos. Para efectos de este proyecto, solo estarán distribuyendo aplicaciones en los siguientes formatos: Ejecutables, Instaladores, Librerías y Código Fuente.

#### **2.4.2 Ejecutables**

Los archivos ejecutables creados con LabVIEW son aplicaciones contenidas que no necesitan del entorno de desarrollo para funcionar. Estos programas solo necesitan del “Run-Time Engine” (RTE por sus siglas en inglés), que es un software distribuido

gratuitamente por NI y que incluye las librerías y los archivos necesarios para correr programas desarrollados con LabVIEW.

Es importante recalcar que “todas las aplicaciones desarrolladas en una versión particular de LabVIEW necesitan esa misma versión del RTE, por lo que se puede instalar una sola vez. Sin embargo, si se quiere correr varias aplicaciones construidas en diferentes versiones de LabVIEW, es necesario instalar los RTE correspondientes a cada versión.” (NI, 2020)

Una de las ventajas de distribuir ejecutables es que se pueden ocultar o deshabilitar ciertas partes de VI a gusto del programador. Esto asegura que un usuario final sin experiencia no vaya a dañar el código involuntariamente.

Estos archivos se diferencian porque tienen una extensión .EXE (ejecutable de Windows).

### **2.4.3 Instaladores**

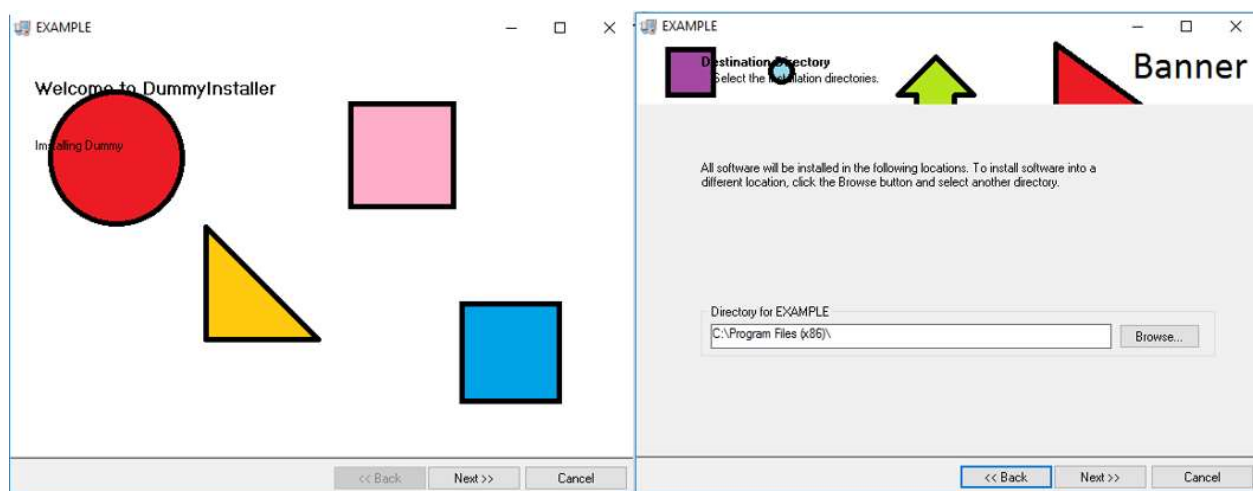
Los instaladores son una manera más completa de distribuir ejecutables. Este método es preferido cuando se desconoce si el usuario final dispone del RTE adecuado, cuando la aplicación requiere de software adicional de terceros o cuando se va a instalar en una ubicación sin acceso a internet (impidiendo descargar software adicional).



En esta modalidad se pueden tener varias opciones de personalización: Permitir la selección de una ruta de instalación, selección de lenguaje, añadir un archivo “Léeme”, añadir un acuerdo de licencia personalizado, una pantalla de bienvenida y fondos personalizados.

En la Ilustración 6 se puede ver un ejemplo de cómo se vería un instalador personalizado para una aplicación desarrollada en LabVIEW.

Ilustración 6 Ejemplo de Instalador Personalizado



Fuente:

<https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000004B3JSAU&I=es-MX>

Los instaladores se compilan como un MSI (Windows Installer) y existen opciones para automatizar su instalación en múltiples computadoras a la vez.

#### **2.4.4 Librerías**

En el entorno de desarrollo de LabVIEW, “compartir el código del proyecto se facilita definiendo una interfaz pública bien especificada para cada componente en una aplicación grande y luego ocultando los detalles de implementación de cada componente de las otras partes del sistema” (NI, 2018)

Uno de los alcances de este proyecto es el desarrollo de aplicaciones que puedan ser usadas en otras disciplinas y con otros lenguajes de programación. Diseñar y distribuir piezas de código reusable en forma de librerías, expande la usabilidad del producto y ayuda a reducir tiempo de programación de tareas repetitivas.

Las librerías de LabVIEW tienen su propia extensión .LVLIB y son editables sólo dentro de este entorno de desarrollo. También es posible exportarlas como un archivo .DLL (Dynamic Link Library) que es un formato ampliamente utilizado en Windows.

#### **2.4.5 Código Fuente**

En LabVIEW, el código fuente se ve muy diferente de otros lenguajes de programación basados en texto. En esta plataforma, se distribuye por medio de Proyectos, que contiene el VI Principal, los SubVIs, librerías y demás archivos de soporte que hacen que la aplicación trabaje correctamente.

A diferencia de un ejecutable un instalador, los Proyectos incluyen el código fuente para que alguien con experiencia en la plataforma pueda modificar el programa de la manera que considere necesaria. Otra diferencia es que los Proyectos no están limitados a la versión de LabVIEW en la que fueron creados, ya que se pueden trabajar en las versiones posteriores del entorno de desarrollo.

Además, a partir del Proyecto se pueden construir nuevos ejecutables e instaladores con opciones de personalización diferentes. Si fuera necesario, se puede usar el entorno de desarrollo para crear copias compatibles con versiones anteriores, dándole aún más usabilidad a los programas que se desarrollen.

Los proyectos no vienen contenidos en un solo tipo de archivo, por lo que es necesario comprimir la carpeta completa usando un software de compresión externo o la herramienta para crear archivos ZIP de Windows si se quieren distribuir. Omitir alguno de los archivos del Proyecto causara que esté pierda parte o la totalidad de su funcionalidad.

## **2.5 NI-VISA**

En la documentación oficial disponible en NI.com podemos leer:

“NI-VISA es una API que proporciona una interfaz de programación para controlar instrumentos Ethernet/LXI, GPIB, seriales, USB, PXI y VXI en entornos de desarrollo de aplicaciones de National Instruments como LabVIEW, LabVIEW NXG, LabWindows/CVI y Measurement Studio. La API se instala a través del controlador NI-VISA.” (NI, 2020)

En otras palabras, NI-VISA nos permite controlar de manera interactiva instrumentos de sobremesa como osciloscopios, generadores de funciones, multímetros digitales y muchos otros dispositivos. Hacer esto tiene muchas aplicaciones en entornos de pruebas y validación, ya que permiten la automatización de varias tareas a la vez.

La API se basa en comandos SCPI (conocidos como “skippy” por el sonido de sus siglas en inglés) que son un estándar adoptado por la gran mayoría de fabricantes de instrumentos de medición como Keysight, Omron, Toshiba o Agilent. Esto permite gran versatilidad y escalabilidad en los programas desarrollados.

El funcionamiento del controlador consiste en 4 pasos simples:

- **Abrir Sesión:** Se establece conexión con el dispositivo y se mandan los mensajes de “handshake” que abren el canal de comunicación.
- **Escribir:** Escribe un comando SCPI en el dispositivo. Estos comandos pueden o no generar una respuesta en el mismo formato y a veces solo ejecutan una acción físicamente comprobable en el instrumento.
- **Leer:** Recibe la respuesta del dispositivo y la interpreta en un lenguaje legible. Estas respuestas pueden ser valores numéricos, palabras en formato ASCII o valores digitales.
- **Cerrar Sesión:** Termina la comunicación del dispositivo y limpia el búfer de memoria para que el dispositivo pueda conectarse nuevamente a otra sesión.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

## **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Las investigaciones se pueden clasificar de varias maneras según su aplicación. Como menciona Hernández Sampieri et al., 2010: “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (p.4). A continuación, se describen esos procesos que fueron tomados en cuenta en este proyecto.

### **3.1.1 Finalidad de la Investigación**

La propuesta que se va a desarrollar para el aprovechamiento de la plataforma LabVIEW requiere una investigación previa para determinar los temas de los cursos específicos donde se tendría un impacto mayor. Adicionalmente, la forma en la que se desarrollen estas guías y prácticas también deben ser estudiadas y comparadas para decir cuál ofrece una experiencia de aprendizaje más completa.

Este proyecto pretende no sólo entender la necesidad, sino también aportar de forma práctica una solución al problema planteado. Como afirma Muñoz, este tipo de investigación aplicada “se caracteriza por aplicar los conocimientos que surgen de la investigación pura para resolver problemas de carácter práctico, empírico y tecnológico para el avance y beneficio de los sectores productivos de bienes y servicios de la sociedad.” (Muñoz, 2011)

Partiendo de esa afirmación, es claro que esta investigación será también de carácter tecnológico, ya que como menciona Muñoz:

“Las tesis clasificadas como investigación tecnológica son los trabajos de investigación cuyo interés y resultados se centran en la producción de satisfactores para la sociedad, por medio de la aplicación del conocimiento para la transformación de la realidad e innovación de la industria, el comercio, las tecnologías de información, las áreas ingenieriles, los equipos, programas y sistemas con la finalidad de generar soluciones en beneficio de una comunidad específica o de la población en general.”  
(Muñoz, 2011)

Como se puede ver, esta investigación tiene una finalidad tecnológica y aplicada que busca mejorar la experiencia de aprendizaje actual y contribuir con la misión de la Universidad Hispanoamericana de actualización constante para preparar a los profesionales del futuro.

### **3.1.2 Enfoque de la Investigación**

Una investigación con enfoque cuantitativo es, según Hernández (2010):

“El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y

no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. (p.4)”

Del mismo modo, Hernández Sampieri et al., (2010) también afirma lo siguiente:

“Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después, para refinarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circula” y no siempre la secuencia es la misma, varía de acuerdo con cada estudio en particular.” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Si se toman en cuenta las características descritas por Hernández para ambos enfoques, se puede ver que este proyecto tendrá un enfoque mixto, ya que una primera parte para definir el fondo y la forma de las guías estará sometido a discusión con diferentes colaboradores de la Universidad.

Luego de que se hayan depurado las guías y se haya logrado un acuerdo con todas las partes, se procederá a la programación de los ejercicios. Esta parte del proyecto



requiere un acercamiento más directo y sus modificaciones dependerán de los resultados obtenidos con pruebas y no con apreciaciones personales del investigador o del personal de la Universidad.

### **3.1.3 Dimensión Temporal**

La dimensión temporal de una investigación se refiere al período en el que se desarrolla. Según Hernández Sampieri et al., (2010) las investigaciones se pueden clasificar según su dimensión temporal como longitudinales o evolutivas.

Como menciona el mismo Hernández, las investigaciones longitudinales “recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos por lo común se especifican de antemano.”

Hernández (2010, p.159) también compara ambos tipos de investigación haciendo énfasis en que la población de estudio es la que diferencia una de la otra. En la investigación longitudinal, se estudian los cambios en un mismo sujeto o grupo, mientras que en la evolutiva se analizan los cambios en diferentes poblaciones.

Para contextualizar en este proyecto, el “sujeto de estudio” serían las guías y programas actuales y cómo estos han ido cambiando a lo largo del tiempo desde su última actualización formal en 2010, para que la incorporación de las nuevas guías sea

coherente con su estado actual. Por esta razón se puede afirmar que esta investigación es de tipo longitudinal.

### **3.1.4 Marco de la Investigación**

Esta sección hace referencia al alcance de la investigación y del proyecto, y describe los contextos mega, macro y micro que lo rodean. Esto ayuda a tener un mejor entendimiento de las necesidades y enfocar el trabajo hacia resultados concretos.

Roger Kaufman describe tres niveles o unidades de análisis:

(Kaufman, 2004) menciona que el nivel mega “es el resultado de todo lo que una organización usa, hace, produce y logra – productos y outputs- con respecto a los clientes externos y el mundo exterior. Vincula todos los elementos organizacionales.” (p. 117). En este contexto, la Universidad Hispanoamericana como casa de enseñanza tiene un impacto sobre la sociedad costarricense directa e indirectamente al formar profesionales que se desempeñarán en labores públicas y privadas.

Asimismo (Kaufman, 2004) describe que el nivel macro: “combina el nivel micro de contribuciones (productos) para poder lograr resultados útiles fuera de la organización para los clientes externos. La unidad de análisis del nivel macro es el total de lo que una organización usa, hace y logra para sí misma, así como también para sus clientes externos. No incluye resultados y consecuencias externas.” (p.118). En este nivel se

puede decir que las carreras que se imparten y sus planes de estudios son los que benefician a sus estudiantes, si se hace la analogía con un cliente comprando un producto.

Finalmente (Kaufman, 2004) determina que el nivel micro “engloba el interés por las contribuciones acumulativas de los (a) recursos organizacionales (inputs) mas (b) los procedimientos y métodos (procesos) empleados en las actividades organizacionales que logran (c) resultados inmediatos (productos).” (p.118).

Este proyecto tiene un enfoque principalmente micro, ya que las actividades van enfocadas a la creación de guías y ejercicios para aprovechar la plataforma LabVIEW, aunque indirectamente tendrá efectos nivel macro y mega, ya que la educación es un proceso integral que no está desligado del ambiente más allá de las lecciones.

## **3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Las fuentes de información son todos aquellos documentos y recursos audiovisuales donde se encuentran datos que ayudan a comprobar y dar validez a la investigación, y también sirven como punto de referencia para crear nueva información basados en el conocimiento existente.

Como describe Muñoz (2011), las fuentes de información son “los registros de conocimientos recopilados a través de escritos formales, libros, revistas, manuscritos, cuadros, figuras, y registros audibles en grabaciones fonográficas, los cuales se utilizan como fuentes de consulta para fundamentar un conocimiento” (p.223).

### **3.2.1 Fuentes Primarias**

Muñoz (2011) describe las fuentes primarias de información de la siguiente manera:

“Es la información que se toma de la fuente primaria, es decir, del punto mismo donde se origina, ya sea que se trate de un hecho, un fenómeno o una circunstancia que se desea investigar. Dentro de esta categoría entran la experimentación, los autores inéditos, las encuestas, la descripción de eventos, las noticias periodísticas, la narración de hechos, los reportes de investigaciones, etcétera. (p.226)”

### **3.2.2 Fuentes Secundarias**

Muñoz (2011) también describe las fuentes de información secundaria de la siguiente manera:

“Es aquella que toma sus contenidos de las fuentes primarias para su interpretación, complemento, corrección o refutación. La investigación que utiliza información de segunda mano tiene la ventaja de que está más documentada, pues toma varias fuentes para complementar y se apoya en la seriedad metodológica. Dentro de esta categoría de fuentes de información encontramos las publicaciones de instituciones, los ensayos, las tesis, las antologías, los artículos colegiados, etcétera. (p.229)”

### **3.2.3 Sujetos de Información**

Dependiendo de la naturaleza del tema que se está investigando, las fuentes de información pueden ser también personas a las que se les llamará “sujetos de información”. Para esta investigación se tomará en cuenta el criterio del Director de Carrera y de varios profesores de Ingeniería Electrónica que se muestran en la tabla de abajo.

### **3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS**

Según Hernández et al., (2010) se puede afirmar que:

“La recolección de datos es el acopio de la información en ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidades de análisis; en un estudio de enfoque cualitativo el instrumento recolector de información es el propio investigador, el cual no solamente analiza la información, sino que también mediante el empleo de diversos métodos es el responsable de recolectar los datos para la investigación.

Tales métodos de indagación cualitativa no son estandarizados, se puede implementar diferentes herramientas como observación, entrevistas, encuentros o encuestas.”

Existen diferentes métodos para llevar a cabo esta recolección de datos, de las que se pueden identificar cuatro tipos fundamentales: la observación, la entrevista, la encuesta y la sesión de grupo. Para este proyecto, se hará uso de los primeros tres métodos mencionados arriba.

#### **3.3.1 Observación**

La observación es el método más simple y poderoso que existe de obtener información. Desde que nace, el ser humano ya está obteniendo información por medio de la

observación de su entorno. En ese aspecto, (Muñoz, 2011) define la observación como “el examen detenido de los diferentes aspectos de un fenómeno, con la finalidad de estudiar sus características, rasgos y comportamiento dentro del ambiente donde se desarrolla el propio fenómeno. (p.241)”.

Luego agrega: “La importancia de dicha técnica de investigación radica en que, además de facilitar el conocimiento del fenómeno en su ambiente, ayuda a examinar el adecuado planteamiento de la problemática a estudiar, así como a determinar las técnicas y herramientas que resultan más adecuadas.” (Muñoz, 2011)

Desde luego, gran cantidad de información se obtendrá como producto de la observación del proceso educativo en la Carrera hasta este momento. Partiendo del hecho que los programas de estudio no han tenido una actualización formal desde el 2010, la actualización de las técnicas y contenidos ha dependido de cada profesor. Esto hace necesario estudiar el proceso desde afuera y no como estudiante.

### **3.3.2 Entrevista**

Para tener un entendimiento más profundo de la metodología aplicada por los profesores de la Carrera, no basta con observar los métodos en sí, sino que también es necesario discutir directamente con ellos los motivos por los cuales se decidió abordar un tema de una manera y no de otra.

Una técnica que permite obtener esta información fácilmente es la entrevista. (Muñoz, 2011) define la entrevista como “la recopilación de información en forma directa, cara a cara, donde el entrevistador interroga y obtiene información directamente del entrevistado, siguiendo una serie de preguntas preconcebidas (incluidas en una guía de entrevista) y adaptándose de acuerdo con las circunstancias que las respuestas del entrevistado le presentan (p.231).”

En este caso, se estaría aplicando una entrevista libre, donde se permitirá al entrevistado añadir tanta información y contexto como desee, ya que como menciona (Muñoz, 2011): Con esta modalidad se pretende dar libertad al entrevistado para que se exprese libremente con la finalidad de propiciar una mayor confianza en la plática y, por consiguiente, una mayor calidad de la información (p.223).”

### **3.3.3 Encuesta**

La encuesta en esta investigación viene a complementar la información obtenida por medio de la observación y las entrevistas. Tomando en cuenta que los profesores serán los encargados de impartir las clases, es importante contar con información acerca de sus preferencias a la hora de impartir lecciones.



(Muñoz, 2011) define las encuestas como:

“La recopilación de datos dentro de un tema de opinión específico, mediante el uso de formularios aplicados sobre una muestra de unidades de población, diseñados con preguntas precisas para solicitar las opiniones de los encuestados y así obtener respuestas confiables. La información de las encuestas se tabula, se analiza e interpreta. La encuesta constituye así la base del sistema de información estadística, permitiendo obtener datos completos y confiables. (p.238)”

### **3.4 VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1 Definición de variables.**

Las variables por estudiar en una investigación vienen determinadas por los objetivos específicos de esta, y sirven para establecer un orden a la hora de avanzar en el proyecto y evitar gastar tiempo estudiando aspectos que no están contemplados.

Hernández Sampieri et al., (2010) se refiere a las variables de la siguiente manera:

“Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. Las variables

adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría (p.93).”

En la siguiente tabla se muestra cuáles son las variables que se estudiarán durante esta investigación y cómo se relacionan con los objetivos específicos:

Tabla 4 Cuadro de Variables del Proyecto

Objetivo Específico	Variable	Definición
Elaborar un cronograma para el programa del curso mediante MS Project de acuerdo los requerimientos de un curso universitario.	Temas del curso de Instrumentación Virtual	Temas que conforman el curso
Desarrollar 10 ejercicios de programación en la plataforma LabVIEW basados en los contenidos del curso LabVIEW Core de NI.	Prácticas de Laboratorio	Ejercicios para cada tema
Redactar 10 guías prácticas de laboratorio en MS Word en formato no editable de acuerdo con los requerimientos del curso para la Universidad.	Guías para Estudiante	Guías para la realización de las prácticas
Redactar la guía para profesor de cada práctica en MS Word en formato no editable con respecto a las soluciones aceptadas en las guías prácticas previamente planteadas.	Guías para Profesor	Guías para evaluar la resolución de los ejercicios
Redactar 5 propuestas de examen bisemanales en MS Word de acuerdo con los contenidos propuestos para el curso.	Exámenes Prácticos	Evaluaciones cortas de los temas estudiados

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.4.2 Diseño de investigación.

Según (Niño, 2011):

“...el diseño se puede interpretar de una de las dos maneras: en un sentido amplio, y en un sentido específico. En el sentido amplio, diseño equivale a la concepción de un plan que cubra todo el proceso de investigación, en sus diversas etapas y actividades comprendidas, desde que se delimita el tema y se formula el problema hasta cuando se determinan las técnicas, instrumentos y criterios de análisis (p.53).”

De la cita anterior se puede decir que el diseño de la investigación es la guía del proyecto en su totalidad, que pretende mantener los objetivos a la vista en todo momento y una estrategia clara de cómo lograrlos.

En la tabla a continuación, se muestran los elementos que conforman esta investigación y las herramientas que se usarán para cumplir los objetivos:

Tabla 5 Diseño de la Investigación

Pregunta de la investigación	Objetivo General	Objetivo Específico	Variable	Método de Investigación	Técnicas y Herramientas
¿Cómo se pueden aprovechar las funciones de la plataforma LabVIEW para actualizar el Programa de Estudios dentro de la carrera de Ingeniería Electrónica en la Universidad Hispanoamericana, de modo que esta sea más interactiva, digital y alineada con los retos tecnológicos actuales?	Elaborar una propuesta de Programa de Estudio para el curso de Instrumentación Virtual, mediante el uso de la plataforma NI LabVIEW para actualizar el programa de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana en la sede de Lorente de Tibás.	Elaborar un cronograma para el programa del curso mediante MS Project de acuerdo los requerimientos de un curso universitario.	Temas del curso de Instrumentación Virtual	Método Deductivo	Observación
		Desarrollar 10 ejercicios de programación en la plataforma LabVIEW basados en los contenidos del curso LabVIEW Core de NI.	Prácticas de Laboratorio	Método Inductivo	Tecnológico
		Redactar 10 guías prácticas de laboratorio en MS Word en formato no editable de acuerdo con los requerimientos del curso para la Universidad.	Guías para Estudiante	Método Deductivo	Tecnológico

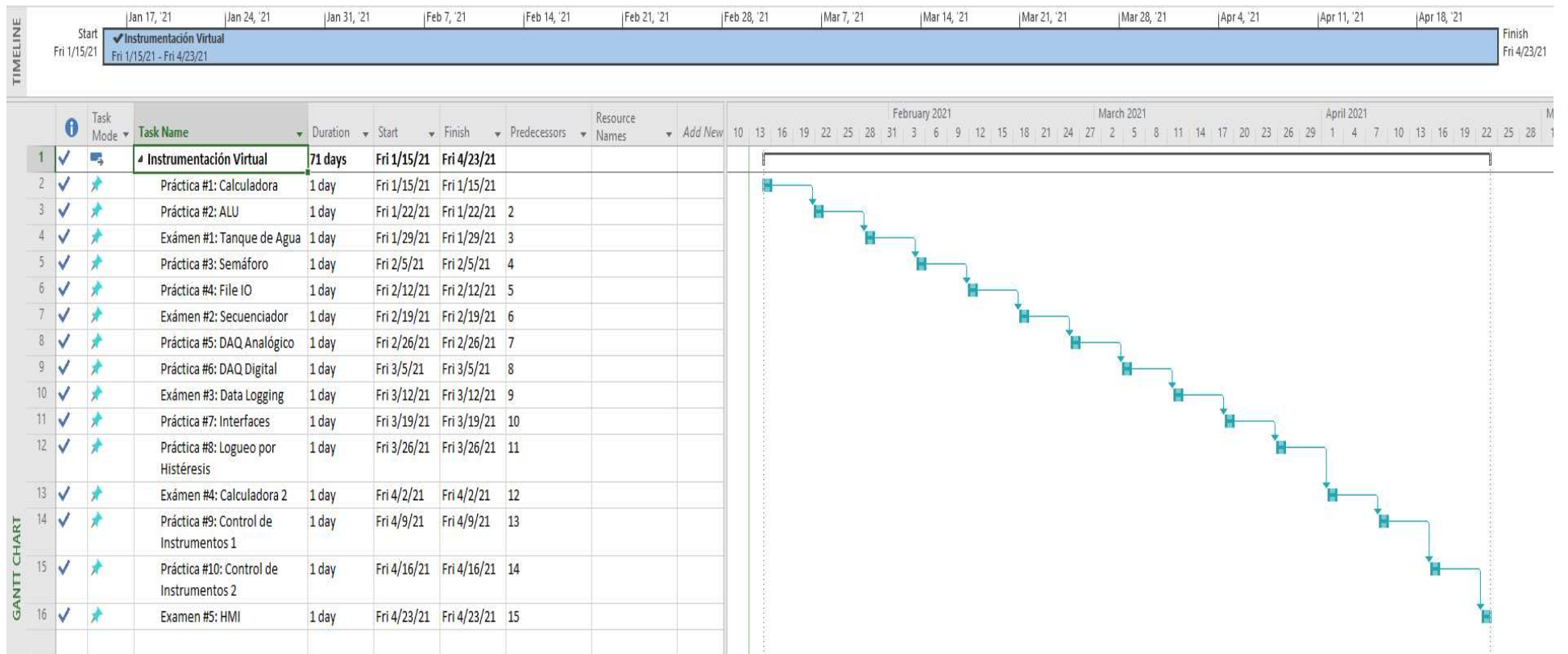
Pregunta de la investigación	Objetivo General	Objetivo Específico	Variable	Método de Investigación	Técnicas y Herramientas
		Redactar la guía para profesor de cada práctica en MS Word en formato no editable con respecto a las soluciones aceptadas en las guías prácticas previamente planteadas.	Guías para Profesor	Método Deductivo	Tecnológico
		Redactar 5 propuestas de examen bisemanales en MS Word de acuerdo con los contenidos propuestos para el curso.	Exámenes Prácticos	Método Aplicado	Sintético

Fuente: Elaborado por el autor

### **3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Es importante contar con un planeamiento temporal y establecer la relación entre las tareas individuales que conformarán el proyecto, para evitar saltarse procedimientos o perderse en la ejecución de este. En la Figura abajo se muestra una línea temporal del proyecto y la secuencia de sus tareas:

Ilustración 7 Representación gráfica del proyecto



Fuente: Elaborado por el autor.



## **CAPÍTULO IV**

### **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

## 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Como hemos mencionado anteriormente, el actual programa de estudios de la carrera de Ingeniería Electrónica fue aprobado en el año 2010 y muchos de sus contenidos ya no son relevantes en este momento. Desde hace varios años, los profesores han adaptado los contenidos de los cursos a su discreción para incluir tecnologías y conceptos que se ajusten más a las necesidades del entorno laboral actual.

Aunque esta práctica ciertamente ha ayudado a mantener los temas de la carrera útiles en el momento en el que se imparten, no existe una coherencia en la experiencia educativa entre estudiantes que reciben el mismo curso de profesores diferentes. Conscientes de esta situación, la Dirección de Carrera en conjunto con algunos de los profesores más regulares han estado trabajando en reestructurar el programa por completo.

Esta reestructuración se está planeando de manera que cumpla un doble propósito: actualizar los cursos y contenidos de la carrera, y estandarizar los contenidos de la carrera de acuerdo con lo que estipula el SINAES (Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior) y optar por la Acreditación de la Carrera.

Parte de lo que implica actualizar los cursos de la carrera es la inclusión de más contenidos orientados a la programación en diferentes lenguajes, conocimiento de las diferentes opciones que ofrece el mercado para resolver problemas de automatización,

manejo de conceptos de IoT (Internet de las Cosas, por sus siglas en inglés), captura y procesamiento de datos, entre otros.

Es en este punto donde se consideró el uso de LabVIEW como una plataforma que cumplía la mayoría de estos requerimientos y se abrió la conversación con los representantes de ventas de NI, quienes luego de entender el alcance del proyecto procedieron a generar la cotización por medio de Capris Engineering (distribuidor de NI en Costa Rica).

La expectativa de la Dirección de Carrera con el presente proyecto es sentar la base de lo que sería el inicio de la transformación del programa del curso y partir de ahí transformar paulatinamente la carrera.

## **4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS**

En este proyecto la recolección de datos será un proceso continuo a lo largo del desarrollo, ya que es necesaria la retroalimentación de las partes involucradas para asegurar que el producto final se alinea a sus necesidades y expectativas. Al ser la educación un proceso orgánico donde no existe una única fórmula para lograr resultados, las técnicas de recolección de datos deberán usarse en múltiples etapas del desarrollo.

### 4.2.1 Observación

Por medio de la observación se analiza el programa de estudios actual, donde actualmente no existe un curso de Instrumentación Virtual. Partiendo de este hecho, las guías que se van a proponer se basarán en los cursos de certificación impartidos por NI directamente, no siendo estos una copia de estos sino una adaptación. Se tomará en cuenta que este curso será uno de los primeros de la carrera con contenido técnico y por lo tanto muchos conocimientos no existirán hasta más adelante en el programa.

De este proceso de observación se obtienen los siguientes datos:

- Los cursos teóricos no logran demostrar con suficientes ejemplos prácticos la aplicación de muchos conceptos electrónicos. Un ejemplo de esto se ve en el curso de Análisis de Sistemas, donde se estudian los principios matemáticos de funcionamiento de sistemas de control a lazo abierto y cerrado, pero no se demuestran casos prácticos de uso.
- Existen cursos como el Laboratorio de Comunicaciones donde se introduce el uso de plataformas de datos y análisis como LabVIEW y Matlab, pero no se profundiza en ninguno de estos y queda en la responsabilidad del estudiante conseguir los programas necesarios.
- El campus de Llorente cuenta con dos laboratorios destinados a Electrónica. Cada laboratorio cuenta con 8 estaciones de trabajo equipadas con una fuente de poder, un generador de funciones y un osciloscopio. Los cursos de taller no

profundizan en el uso adecuado de los instrumentos y sus funcionalidades no se explotan más allá de medir voltajes.

- Algunos estudiantes expresan que no sienten que haya una relación coherente entre los contenidos de los cursos teóricos y sus respectivos laboratorios.

#### **4.2.2 Entrevista**

Es necesario tener el contexto y las razones por las cuáles existen algunas de las prácticas actuales para poder abordar el proyecto con un plan claro. Tener una imagen clara de las condiciones que rodean la modificación de un plan de estudios ayuda a anticipar posibles obstáculos, ayudando a enfocar los esfuerzos del proyecto donde van a tener un impacto notable.

Para obtener esta información, se realizó una entrevista con el director de carrera, Jose Luis Medrano, quien facilitó información valiosa que aún no ha sido públicamente comunicada por la Universidad y que está sujeta a modificaciones. Por ese motivo, no es posible transcribir la entrevista completa en este documento, sin embargo, se pueden mencionar algunos puntos clave con previa autorización:

- El programa del curso admite cierta flexibilidad en la manera en la que los profesores deciden impartir sus cursos. Esto ha permitido que se introduzcan temas actualizados a los cursos sin tener que cambiar el programa del curso por completo.

- Existe una propuesta de malla curricular donde se incluyen cursos más orientados a la programación. Se pretende que los cursos más avanzados de la carrera tengan hagan uso fuerte de estas bases de programación.
- Los temarios de los nuevos cursos serán más flexibles en su estructura, lo que permitirá que se pueda modificar la forma y el fondo manteniendo los mismos objetivos de aprendizaje. Esto asegura la vigencia del programa por varios años antes de que vuelva a necesitar una modificación estructural.
- En este momento ninguno de los profesores que laboran en la Universidad posee alguna certificación en el manejo de la plataforma LabVIEW, aunque que es un plan a mediano plazo convertirse en una institución autorizada para aplicar los exámenes de certificación emitidos directamente por NI.

### **4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Debido a la naturaleza de esta investigación, los datos recolectados no pueden compararse contra un set de datos conocidos que prueben su validez. Como se trata de un proyecto en marcha orientado a la educación no hay respuestas correctas o incorrectas, sin embargo, se puede reconocer que los objetivos de este proyecto resuelven algunas de las necesidades que tiene la Institución en este momento.

De los datos recolectados anteriormente, podemos sintetizar los siguientes puntos:

- La necesidad de actualizar los contenidos de los cursos es reconocida tanto por los alumnos como por la dirección de carrera.
- Es importante contar con una estructura guía sobre la cual los profesores puedan impartir el curso, y que cuente con flexibilidad suficiente para adaptar los contenidos a las necesidades del mercado.
- La Universidad cuenta con los recursos y la disposición para invertir en LabVIEW y myDAQ como herramientas que faciliten la creación del curso de Instrumentación Virtual.

#### 4.4 DESARROLLO DEL PROYECTO

Habiendo confirmado por medio de los datos recolectados que el proyecto es necesario y que se cuenta con el apoyo de las partes involucradas, se procede a establecer el orden en el que será desarrollado. Será dividido en tres etapas principales que se describen a continuación:

- **Planeación:** Durante esta etapa se definen los temas específicos para los que se elaborarán las guías de aprovechamiento de LabVIEW. Es importante contar con la opinión y aprobación de las partes involucradas que finalmente serán las encargadas de hacer uso de esta plataforma.

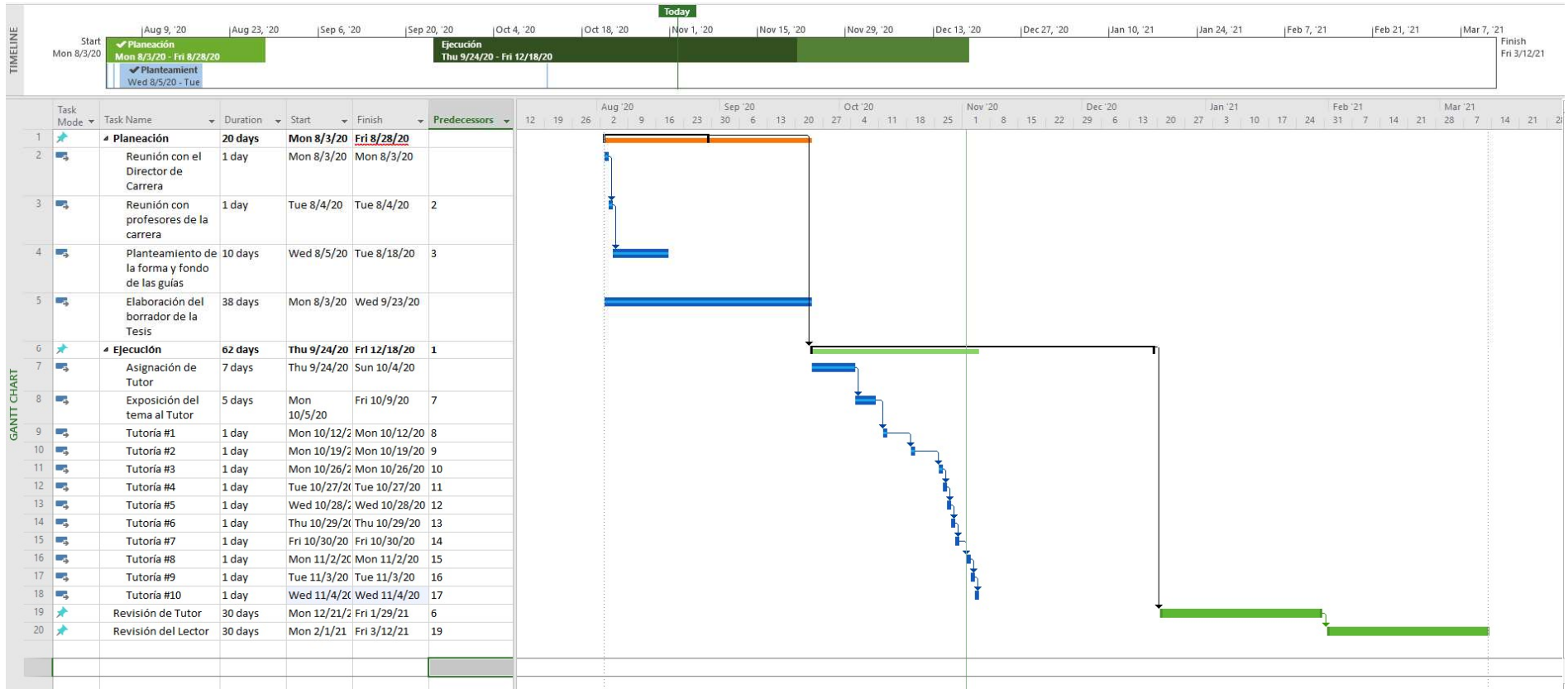
Esta primera etapa puede requerir la repetición de varias de sus tareas hasta que se tenga un acuerdo entre las partes.

- **Ejecución:** En esta etapa se realizará el trabajo de programación en la plataforma de acuerdo con lo acordado previamente. Los temas de los cursos seleccionados se usarán para crear un programa de demostración o un ejercicio de programación en LabVIEW. Estos programas luego serán depurados para buscar posibles errores de programación e incompatibilidades con ciertas herramientas adicionales.
- **Documentación:** Cada ejercicio programado contará con la documentación necesaria para estudiantes y profesores. Las guías para los estudiantes serán un manual de instrucciones para completar el ejercicio, y la guía para profesores será una descripción del ejercicio a un nivel más bajo que permitirá responder dudas que podrían surgir durante las clases.

En la figura de la página siguiente se puede observar un diagrama de flujo de las etapas del proyecto, así como un desglose de las tareas específicas de cada uno y los tiempos estimados de inicio y finalización.



Ilustración 8 Diagrama de flujo de las etapas del proyecto



Fuente: Elaborado por el autor.

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

## 5.1 ASPECTOS DE DISEÑO

Cada tema definido contará con un ejercicio en software, una guía para estudiante y un manual para el profesor. Cada 2 temas se realizará un examen que evalúe lo aprendido en las clases anteriores y serán de tipo acumulativo. La propuesta completa contará con 10 prácticas separadas por “Clase” y 5 exámenes, para cubrir la totalidad de las 15 semanas que comprende un curso de la carrera.

La propuesta que se entrega consiste únicamente en los ejercicios prácticos y se asume que un profesor adecuadamente capacitado y con un nivel de experiencia aceptable en el uso de LabVIEW sería el encargado de impartir el curso. Por esta razón no se incluye teoría en las guías de estudiante, ni se ahonda en generalidades de programación en los manuales para el profesor.

Los entregables de la propuesta se componen de lo siguiente:

- **Ejercicios para programar:** Los ejercicios están incompletos y el estudiante debe completar el programa usando su propio criterio para lograr la funcionalidad deseada. Por ejemplo, se puede dar la base de una máquina de estados y el estudiante debería agregar el código necesario para que la máquina se comporte de una manera específica.
- **Guías de Estudiante:** Incluyen los requerimientos que debe cumplir el programa para completar el ejercicio. Se incluye en formato DOCX y en el Panel Frontal de la aplicación para consultarla fácilmente durante el ejercicio.

- **Ejercicio Resuelto:** Una propuesta de solución para cada práctica, basado en los cursos “Core 1” y “Core 2” desarrollados por NI. En el Diagrama de Bloques se hacen anotaciones correspondientes a los puntos de interés de la solución.
- **Manual de Profesor:** Explica el proceso que se siguió para llegar a la solución propuesta. Los ejercicios pueden ser resueltos de varias maneras, pero el Manual del Profesor detalla solamente la que se apega a los estándares de programación. Incluye además enlaces de referencia a fuentes oficiales donde se explica con más detalle los conceptos necesarios para resolver el ejercicio.

## 5.2 DISEÑO Y CÓDIGO DE LOS PROGRAMAS

A continuación, se explicará el proceso para crear uno de los ejercicios y uno de los exámenes. La estructura de todos los demás ejercicios y exámenes es consistente con la mostrada acá, por lo que no se desarrollarán todos para no extender innecesariamente esta sección.

### 5.2.1 Práctica Resuelta

Se toma como ejemplo la solución de la Clase #7, que usa algunas estructuras complejas y se basa en el modelo “Máquina de Estados por Eventos”. Tanto las prácticas como las soluciones vienen organizadas en un LabVIEW Project con todos los archivos necesarios para el funcionamiento del programa. Dentro de la carpeta “Solución” encontramos los siguientes archivos:

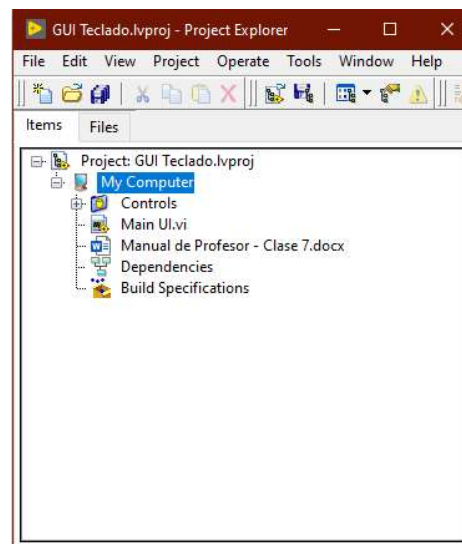
Ilustración 9 Contenidos de la carpeta “Solución”

Name	Date modified	Type	Size
Controls	11/18/2020 8:34 PM	File folder	
GUI Teclado.aliases	11/16/2020 7:10 PM	ALIASES File	1 KB
GUI Teclado.lvpls	11/16/2020 6:08 PM	LVLPS File	1 KB
GUI Teclado.lvproj	11/16/2020 6:08 PM	LabVIEW Project	2 KB
Main UI.vi	11/16/2020 5:49 PM	LabVIEW Instrume...	28 KB
Manual de Profesor - Clase 7.docx	11/16/2020 6:07 PM	Microsoft Word D...	23 KB

Fuente: Elaborado por el autor.

Dentro se encuentra el archivo LVPROJ y sus archivos auxiliares, una carpeta con los controles necesarios, el VI principal y el Manual de Profesor. El proyecto contiene de manera organizada todos los contenidos del ejercicio, incluyendo las guías o manuales según corresponda, como se observa en la imagen de abajo:

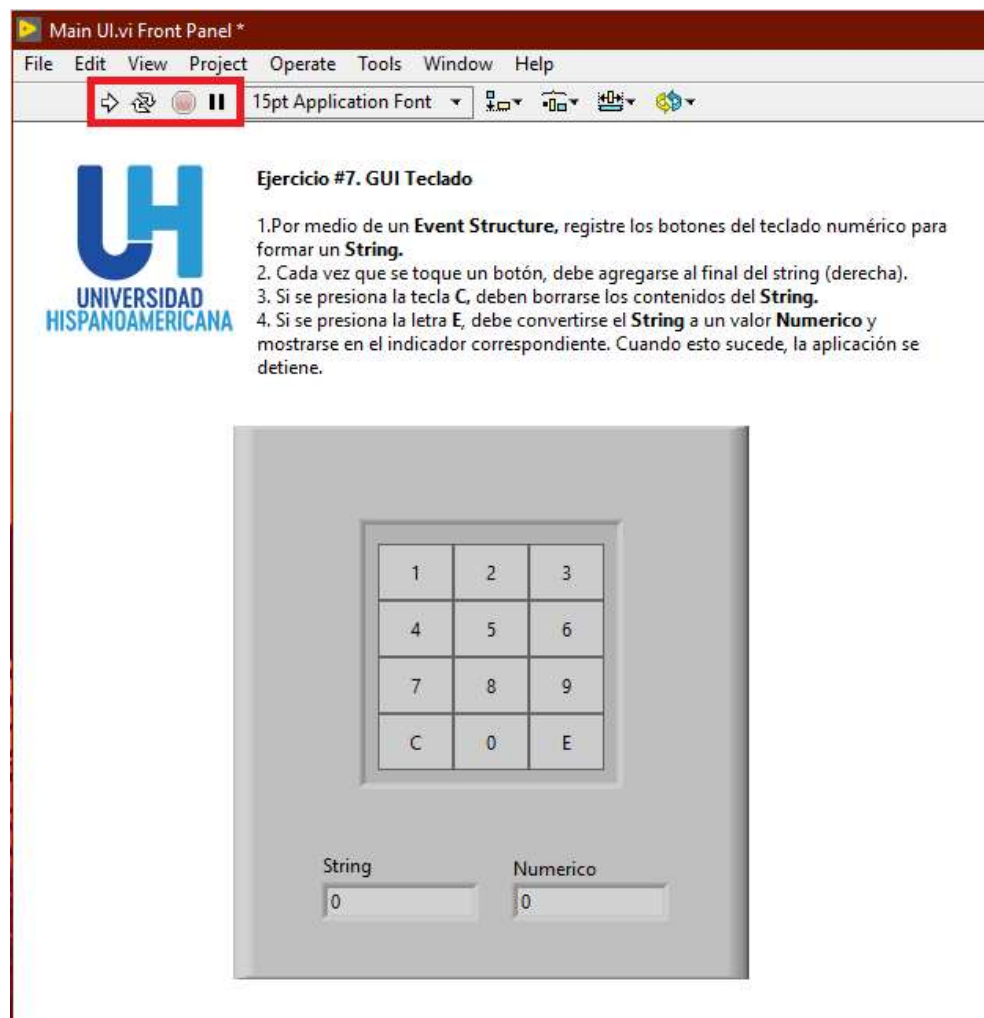
Ilustración 10 LabVIEW Project del ejercicio.



Fuente: Elaborado por el autor.

El VI principal lleva al Panel Frontal de la aplicación, que es totalmente funcional y cumple con las condiciones descritas en el encabezado y la Guía del Estudiante. Como se observa en la imagen de abajo, el programa está listo para comenzar:

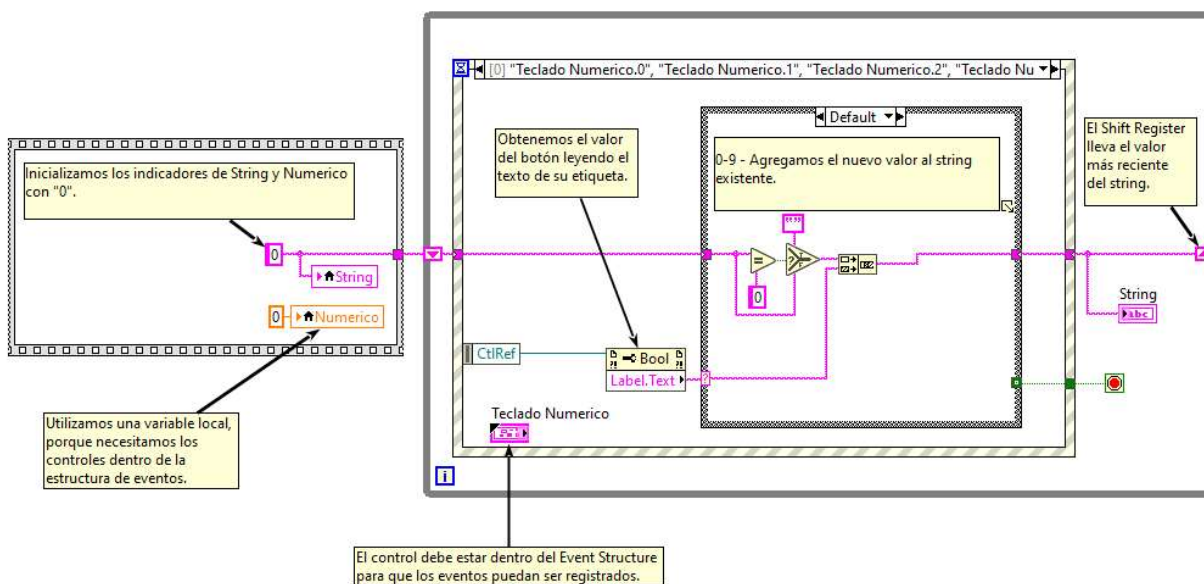
Ilustración 11 Ejemplo de Panel Frontal



Fuente: Elaborado por el autor.

Al cambiar al Diagrama de Bloques, se muestra la programación con las notas necesarias para entender el funcionamiento del programa y el flujo de datos esperado. La imagen de abajo muestra el caso específico que se ejecutará al presionar cualquier botón numeral del teclado:

Ilustración 12 Ejemplo de Diagrama de Bloques



Fuente: Elaborado por el autor.

Si el profesor tuviera alguna duda sobre el funcionamiento del ejercicio propuesto, puede usar las herramientas de depuración incluidas en todas las versiones de LabVIEW como "Highlight Execution" y "Stepping" para ver con mayor facilidad el flujo de datos y la ejecución de las funciones.

### 5.2.2 Examen

El examen es un documento en formato DOCX que simula un pedido de programación, en el que solo se describen los requisitos necesarios para la aceptación de este. Se incluye una imagen de cómo se espera que se vea el Panel Frontal, pero no se entrega ninguna plantilla ni proyecto base como en los ejercicios regulares.

Los exámenes no tienen una solución propuesta, ya que queda a criterio del profesor que evalúa, si la programación desarrollada por el estudiante cumple con las expectativas y qué puntaje tendrá cada aspecto del programa: funcionalidad, estilo, escalabilidad, legibilidad o cualquier otro que el profesor considere pertinente.

El ejemplo mostrado abajo es el Examen #4, que sucede después de haber hecho los ejercicios #7 y #8 que exploran los conceptos necesarios para la resolución de este. Para este examen particular, sí se incluye un VI con los controles necesarios ya que la complejidad es bastante alta y no se pretende que el estudiante invierta demasiado tiempo en el Panel Frontal.



## Ilustración 13 Ejemplo de Examen



Examen #4.

Tiempo Disponible: 3 horas



1. Desarrolle un programa que se comporte como una calculadora simple.

**Operación:**

1. Cuando el programa inicia, el indicador debe mostrar **0**.
2. Cuando se tocan números, se reemplaza el **0** con la primera cifra y se siguen añadiendo a la derecha (como escribiendo).
3. Cuando se toca un símbolo de operación (**+**, **-**, **x**, **/**) se almacena la primera cifra, la operación y se limpia el indicador mostrando un **0** nuevamente.
4. La segunda cifra se ingresa de la misma manera que en el punto 2.
5. Cuando se toca el botón **=**, se muestra el resultado en pantalla y se detiene el programa.
6. Cuando se toca el botón **C**, se borra la cifra que se está ingresando y cambia por un **0**.
7. Cuando se toca el botón **AC**, se borran el dato que se está ingresando, el dato previamente guardado y la operación. Se deja el indicador mostrando un **0**.

**Nota:** Puede reusar partes del código desarrollado en el ejercicio #7 "Teclado GUI" en forma de SubVIs.

Fuente: Elaboración del autor.

### 5.3 DEPURACIÓN DE ERRORES Y RESULTADOS

Los ejercicios son probados y revisados en conjunto por el Tutor, el director de Carrera y el sustentante; comprobando que las soluciones propuestas funcionan sin problema y que la información adicional que se incluye es lo suficientemente clara y concisa para que el curso pueda impartirse sin mayor dificultad.

Los ejercicios de final de curso involucran controlar instrumentos de sobremesa, los cuales están disponibles únicamente en los laboratorios de la Universidad. Comprobar el correcto funcionamiento de los ejercicios con los equipos requirió trabajar en el campus un día completo, porque debido al desuso por las medidas del Ministerio de Salud, los laboratorios están siendo usados como bodega. Sin embargo, se confirma que todos los ejercicios funcionan correctamente, incluso los que dependen de algún tipo de hardware para interactuar.

### 5.4 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Los entregables en formato digital están diseñados para funcionar en equipos de cómputo que cumplan con las siguientes condiciones:

- **Sistema Operativo:** Windows 10 64-bit
- **Versión de LabVIEW:** LabVIEW 2019 SP1 32/64 bit o superior

- **Otros requisitos:** Microsoft Office 2007 o superior

Cabe mencionar que el manejo de instrumentos de manera interactiva por medio de LabVIEW requiere la instalación de controladores propietarios del fabricante, los cuales han sido incluidos en la carpeta de las clases específicas donde se requieran.

Los ejercicios entregados no están diseñados para funcionar en otros sistemas operativos como MacOS o Linux (cualquier distribución), sin embargo, es posible que funcionen por medio de máquinas virtuales, software propietario como Bootcamp en MacOS, o cualquier otro método de emulación abierto para plataformas Unix. Dicho esto, no es esperado el funcionamiento en esas plataformas y cualquier problema que surja a raíz de eso queda por fuera del alcance de este proyecto.

## 5.5 ANÁLISIS DE COSTOS

En la Tabla 6 que se observa abajo se detalla el desglose de los gastos incurridos para la realización de este proyecto:

Tabla 6 Desglose de Gastos

Cantidad	Descripción	Valor Unitario (\$)	Total
1	Licencia Académica LabVIEW	\$ 14,162.12	\$ 14,162.12
3	NI-myDAQ Kit Universitario	\$ 440.72	\$ 1,322.16
15	Horas Profesionales*	\$ 42.09	\$ 881.80
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 16,366.08</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>₡ 10,032,407.04</b>
<b>NOTA</b>			
* Hora profesional calculada según el CFIA al tipo de cambio del día ₡613.00			

Fuente: Elaborado por el autor.

Según conversaciones preliminares, este curso sería cobrado como un Laboratorio de la carrera de Ingeniería Electrónica, el cual tiene un precio de ₡142.500 para el período 2020. De ese monto se devenga el pago del profesor y otros cargos administrativos, los cuales son información confidencial de la Universidad Hispanoamericana.

Para efectos de proyectar un retorno de inversión, se asume que un solo 40% del costo del curso se traduce en ganancia para las arcas de la Universidad. Se parte también del hecho que un curso se abre con un mínimo de 3 estudiantes y puede admitir un máximo de 8.

En la Tabla 7 se observan los casos de mayor y menor ganancia para la matrícula de un cuatrimestre:

Tabla 7 Ingresos por matrícula

Ingreso Bruto	Ingreso Neto (40%)	Alumnos	Ingreso Total
₡ 142,500.00	₡ 57,000.00	3	₡ 171,000.00
₡ 142,500.00	₡ 57,000.00	8	₡ 456,000.00

Fuente: Elaborado por el autor.

Asumiendo que en un año el curso alcance al menos la matrícula mínima para su apertura, se tienen los escenarios de cobertura de la inversión que se muestran en la Tabla 8 abajo:

Tabla 8 Pago de la Inversión

<b>Máximo Ingreso Anual Neto</b>	₡ 513,000.00	<b>Mínimo Pago de Inversión</b>	5.11%
<b>Mínimo Ingreso Anual Neto</b>	₡ 1,368,000.00	<b>Máximo de Pago de Inversión</b>	13.64%

Fuente: Elaboración del autor.

Hay varias consideraciones que no se tienen en cuenta al calcular este pago de la inversión en un lapso de un año y que imposibilita calcular el plazo para empezar a tener un retorno de inversión positivo. Abajo se enumeran algunas de estas:

- La Universidad no ha decidido si dará cursos libres sobre el manejo de la plataforma LabVIEW.
- La Universidad podría decidir incluir el uso de la plataforma LabVIEW en otros cursos de la carrera o en cursos de otras carreras.

- La Universidad ajusta los aranceles de manera anual, así como también aplica descuentos y becas al valor de los cursos, por lo que el monto de matrícula por estudiante no es consistente.

Finalmente, el proyecto pretende mejorar la calidad de la educación que se imparte en la carrera, por lo que hay un beneficio no cuantificable que se traduce en otros aspectos valiosos para la institución como una mejor oferta académica, egresados empleados en su área de estudio y su prestigio en general.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

Se elaboró un cronograma que cumple con el estándar de un curso de laboratorio en la Universidad Hispanoamericana, distribuyendo sus lecciones a lo largo de 15 semanas.

Se desarrollaron 10 ejercicios prácticos en la plataforma LabVIEW con sus respectivas soluciones, alineadas con los estándares de programación establecidos por NI en los cursos Core 1 y Core 2.

Se redactaron las guías para los estudiantes, las cuales especifican los requerimientos para completar el ejercicio y explican algún concepto específico cuando sea necesario para complementar la explicación del profesor.

Se redactaron los manuales para el profesor, que explican el método usado para llegar a la solución propuesta y proveen enlaces a fuentes oficiales donde pueden consultar conceptos específicos necesarios para la realización del ejercicio por parte del estudiante.

Los exámenes propuestos miden el conocimiento adquirido cada 2 lecciones, asegurando que los contenidos vistos en clase están siendo aprovechados. Adicionalmente, están pensados de manera que los estudiantes que hayan completado los ejercicios previos de manera correcta puedan reutilizar código en la prueba, lo cual desarrolla el buen hábito de desarrollar código escalable y mantenible.



## 6.2 RECOMENDACIONES

La Universidad cuenta con una licencia LabVIEW académica de desarrollo, por lo que la elaboración de ejercicios adicionales para la carrera de Ingeniería Electrónica es posible, tanto como sus profesores y alumnos decidan especializarse en el uso de la plataforma.

La programación en LabVIEW no está limitada a las aplicaciones que se le puedan dar en Ingeniería Electrónica. La Universidad puede fomentar el uso de esta plataforma en otras carreras afines como Ingeniería Industrial o Informática.

Aunque la gran mayoría de estudiantes universitarios tiene acceso a una computadora personal, lo ideal sería que todos estos programas estén a su disposición en los mismos laboratorios de la Universidad, de modo que no haya dificultades porque sus equipos no cumplan con las especificaciones necesarias para usar el software.

La adquisición de hardware didáctico avanzado como el ELVIS III podría elevar significativamente el nivel de cursos futuros, al introducir conceptos como Sistemas Operativos en Tiempo Real (RTOS), dispositivos de E/S reconfigurables (RIO) y el uso de FPGAs. Al contar con la licencia de LabVIEW, la integración con estos nuevos dispositivos es nativa.

En cursos avanzados que involucren el uso de microcontroladores como el Arduino o el Raspberry Pi, se puede usar LabVIEW como interfaz y procesamiento de datos, eliminando la necesidad de usar herramientas de código abierto que no tienen ninguna

aplicación en un entorno real de trabajo. Por lo general, el uso de herramientas de código abierto es ideal para estudiar y proyectos personales, pero a nivel empresarial siempre se preferirá alguna otra herramienta “cerrada” que ofrezca respaldo y seguridad a cargo de otra empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

Boldt, T. (2012). *Dataflow Programming Concept, Languages and Applications*. Porto: University of Porto.

Emilio, M. D. (Mayo de 2020). *National Instruments Releases Free Editions of LabVIEW*. Obtenido de EE Times Europe: [https://www.eetimes.eu/national-instruments-releases-free-editions-of-labview/#:~:text=National%20Instruments%20\(NI\)%20has%20announced,Professional%20for%20non%2Dcommercial%20use](https://www.eetimes.eu/national-instruments-releases-free-editions-of-labview/#:~:text=National%20Instruments%20(NI)%20has%20announced,Professional%20for%20non%2Dcommercial%20use).

GitHub. (2020, Junio). *PYPL PopularitY of Programming Language*. Retrieved from GitHub: <http://pypl.github.io/PYPL.html>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación - Quinta Edición*. MacGraw - Hill.

Muñoz, C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar Una Investigación de Tesis*. Pearson.

NI. (2018). *Installer Dialog Options*. Obtenido de NI.com: <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/374986A-01/mibinstallerbuilder/installer-dialog-options/>

NI. (2018). *Sharing Code with the LabVIEW Project Library*. Obtenido de NI.com: <http://www.ni.com/tutorial/4067/en/>

NI. (2020). *Información General sobre NI-VISA*. Obtenido de NI.com.

NI. (2020). *LabVIEW Concepts - Using the LabVIEW Run-Time Engine*. Obtenido de NI.com: [https://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361R-01/lvconcepts/using\\_the\\_lv\\_run\\_time\\_eng/](https://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361R-01/lvconcepts/using_the_lv_run_time_eng/)

NI. (s.f.). *Fundamentos del Entorno de LabVIEW*. Obtenido de NI: <https://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment>

NI. (s.f.). *Introducción a LabVIEW, Programación Gráfica*. Obtenido de NI: <http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/dataflow>

NI. (n.d.). *ni.com/manuals*. Retrieved from User Guide myDAQ: <https://www.ni.com/pdf/manuals/373060g.pdf>

Niño, V. (2011). *Metodología de la Investigación, Diseño y Ejecución*. Bogotá: Ediciones de la U.

Seegmiller, N. (2006). *James Truchard and National Instruments: Engineering a Successful Company*. Retrieved from University of Texas: <https://web.archive.org/web/20070620213611/http://www.engr.utexas.edu/roden/archive/essay/2006/1st2006.pdf>

Universidad Hispanoamericana. (s.f.). *Mi Plan de Estudios*. Obtenido de Sistema Académico Online: <https://sa.uh.ac.cr/students/careerplan.aspx>

## GLOSARIO

**Handshake:** Palabra en inglés que textualmente se traduce en “apretón de manos” Establecimiento de la comunicación entre dos dispositivos electrónicos de telecomunicaciones, instrumentación o adquisición de datos.

## **ANEXO**

### **Lista de anexos**

En el CD se encuentra una carpeta llamada “Anexos” en la cual pueden ser localizados los documentos de apoyo utilizados para el desarrollo de esta investigación.

01. Malla Ing Electrónica propuesta Bachillerato v13.pdf
02. Cotización Capris Engineering.pdf
03. AFG-2000\_User\_Manual\_20200305.pdf
04. PM\_GDS-1000A-U\_V1\_E.pdf