

# DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL MANEJO DE UN PERIFÉRICO DE LOS ASCENSORES DEL EDIFICIO PACO MEDIANTE COMUNICACIÓN SERIAL Y PROTOCOLO MODBUS RTU

Leòn Araujo Fernando Iván , Ing.  
Corrales Paucar Luis Anibal, PhD

Escuela Politécnica Nacional

## Resumen

El presente trabajo pretende solucionar los problemas convencionales que existen en las instalaciones de los ascensores de los edificios antiguos, en donde se utiliza un cableado punto a punto demasiado voluminoso, difícil de instalar y que presenta complicaciones para el seguimiento de fallas, en donde los indicadores de piso están implementados con lámparas incandescentes por cada piso; esto se logrará realizando una renovación del sistema que esta instalado actualmente, acoplado sistemas microprocesados y comunicación serial al sistema central de control que utiliza un PLC o tarjeta de control de ascensores sobre una interfaz RS-485.

El proyecto desarrollará una manera eficiente de manejo de los periféricos no tradicionales de un ascensor como son los indicadores visuales de posición de cabina y botoneras para el edificio Paco, mediante protocolo MODBUS RTU.

## 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de reducir costos en las tareas de instalación de ascensores conlleva a buscar nuevos métodos de diseño y aplicación de las tecnologías disponibles en la actualidad. Es así que mediante el uso de Sistemas Inteligentes o Microprocesados, buses de comunicación modernos se busca una alternativa eficiente

para el manejo de las botoneras e indicadores de posición de cabina de los ascensores.

Un protocolo industrial ampliamente difundido es el MODBUS. Es por esta razón que se decidió seleccionarlo en el presente trabajo como parte del sistema de comunicaciones entre el controlador central de un ascensor y que maneja, luces, displays y botoneras que sirven de interfaz con el usuario. De esta manera se busca reducir los numerosos cables que suele existir desde el controlador central hacia todos los pisos.

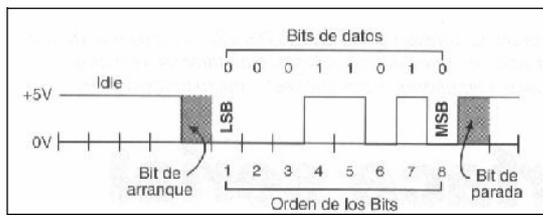
## 2. MARCO TEÓRICO

Para evaluar de manera más apropiada este objetivo, se describen a continuación algunos de los tópicos más relevantes que contribuyan al sustento teórico, para una mejor comprensión del diseño y desarrollo del presente proyecto.

### *Comunicaciones Seriales Digitales*

Se comienza mencionando que existen dos tipos de comunicaciones digitales seriales: *Síncronas* y *Asíncronas*. En el presente proyecto se utilizará las comunicaciones *Asíncronas*, que son aquellas que en lugar de utilizar una línea adicional para sincronización, emplean un tipo de empaquetado o encapsulado de la trama de bits de datos que se transmiten, encerrándola entre una cabecera y una cola.

La cabecera consiste en un bit que tiene como fin el avisar o prevenir al dispositivo que recibe la comunicación, que una trama esta a punto de iniciar, para que este se prepare para la recepción de dicha trama; en cambio la cola, que puede estar formada por uno o dos bits, indicará al dispositivo que la trama ha finalizado y que este puede volver a su estado de espera. En la Figura 1 se puede apreciar una trama típica de comunicación serial digital asíncrona:



**Figura 1** Trama Comunicación Digital Serial

Existen otros aspectos muy importantes que forman parte del protocolo como son: Número de bits de datos, Paridad de la trama, Número de bits de parada y Velocidad de la transmisión.

### **Interfaz RS-485**

RS-485 fue desarrollado con el fin de incrementar el número de dispositivos que se pueden conectar y además brindar mayor alcance de comunicación para que este sea más apropiado para aplicaciones industriales. Cabe notar que al mismo tiempo que se mejoran las características antes mencionadas, se mantienen las prestaciones de RS-422, como es la utilización del método diferencial de señales y la gran inmunidad al ruido.

RS-485 define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima, además se especifica como bidireccional, half-duplex, y es el único estándar EIA/TIA que permite por sus características eléctricas, hacer redes de buena longitud.

A continuación se presentan algunas de las principales características del estándar RS-485:

- Modo de operación: *Diferencial*
- Número de dispositivos permitidos:  
32 Transmisores/Receptores
- Máxima longitud del cable: 1200 metros

- Máxima tasa de datos: 10 Mbits/s
- Modo de comunicación: *Half-Duplex*
- Mínimo rango salida driver:  $\pm 1.5 V$
- Máximo rango salida driver:  $\pm 5 V$
- Máxima corriente de corto driver: 250 mA
- Sensibilidad entrada RX:  $\pm 200 mV$
- Máxima resistencia entrada RX: 12 K $\Omega$
- Rango Voltaje de entrada: De -7V a +12V

### **Protocolo MODBUS**

El protocolo Modbus proporciona el estándar interno que los controladores usan para el análisis de los mensajes, esto es:

- Describe el proceso para pedir acceso a otro dispositivo
- Indica la manera de construir la respuesta a las peticiones desde otros dispositivos
- Señala la forma en que se detectan y notifican los errores
- Establece un formato común para la disposición y contenido de los campos de mensaje
- Determina la forma en que cada controlador conocerá su dirección, el tipo de acción a tomar, identificar los datos del mensaje.

Para poder establecer una correcta comunicación entre dispositivos en protocolo Modbus, se debe seleccionar uno de los dos modos existentes para la comunicación: *ASCII* o *RTU*, si bien la literatura técnica consultada para realizar este trabajo recomienda para la implementación del protocolo MODBUS, primero realizar las pruebas de del sistema utilizando el Modo *ASCII*, en este caso en particular no se va a seguir este convenio, puesto que el presente trabajo persigue desarrollar el protocolo MODBUS, programando este protocolo en uno de sus modos en un microcontrolador, además por requerimientos propios del sistema es menester utilizar el modo *RTU* para la aplicación del protocolo citado, ya que se requiere un barrido constante y rápido de los periféricos del ascensor.

En el modo *RTU* (Remote Terminal Unit) cada byte en un mensaje contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits. La principal ventaja de este modo es que su mayor densidad de carácter permite mejor rendimiento que el modo *ASCII* para la misma velocidad. Cada mensaje debe ser transmitido en un flujo continuo.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se comenzará precisando que este trabajo consiste en el diseño, construcción e implementación de dos tarjetas: Una **Tarjeta Master**, y una segunda que se la identificará como **Tarjeta de Display y Piso (TDP)**.

El sistema de control y periféricos de un ascensor, a breve rasgo, funciona de la siguiente manera: el CPU o Unidad de Procesamiento y Control, que puede ser un PLC o una tarjeta de Control de Ascensores, establece comunicaciones hacia el variador de velocidad, desde los sensores de pozo y hacia los periféricos de salida (indicadores visuales de posición de cabina y luces de los botones tanto de cabina interna como de pasillo) y de entrada (botoneras de pasillo y botonera interna de cabina).

El CPU se comunica con el variador mediante líneas directas que son tomadas como entradas digitales en el variador.

Es por ello que este trabajo pretende solucionar ese inconveniente mediante la utilización de comunicación digital MODBUS RTU entre la **Tarjeta Master** y el CPU, mientras que entre la Tarjeta Master y las TDP se lo realizará mediante un protocolo desarrollado en el presente trabajo que se ajusta a los requerimientos del mismo, ambos protocolos correrán sobre RS-485.

#### **Tarjeta de display y piso**

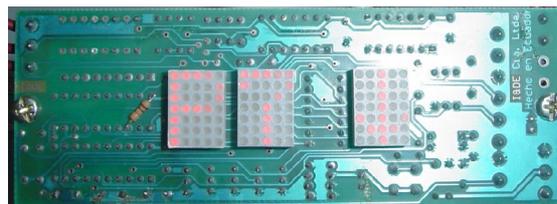
Las TDP están ubicadas una en cada piso y son aquellas que contienen los indicadores visuales de posición de la cabina, y a ella están conectados los botones de pasillo de cada piso.

Los indicadores visuales son los elementos utilizados para que el usuario del ascensor sepa el estado y posición del ascensor, el cual puede estar en movimiento, estacionado o en mantenimiento.

Como se dijo anteriormente, las TDP también son las encargadas de manejar las señales de estado de los botones de pasillo, al igual que las señales de activación de las luces de estos botones. Estas señales serán transmitidas serialmente hacia y desde la Tarjeta Master respectivamente mediante RS-485.

La idea que se utilizó para la comunicación es hacer un barrido continuo de los botones para

saber si existe una petición de parada del ascensor en ese piso y con qué dirección; además se busca también poder manejar las luces de estos botones para indicar que existe un llamada pendiente en ese piso.



**Figura 2** Tarjeta de Display y Piso

#### **Tarjeta master**

Esta tarjeta cumple un papel de interfaz o de vínculo entre el CPU y las TDP. Como se dijo anteriormente, el CPU puede ser tanto un PLC o una tarjeta de control de ascensores. El objetivo de la tarjeta Master es tomar una trama en protocolo MODBUS proveniente del CPU y mediante una interfaz serial RS-485 establecer comunicación con las TDP para que estas realicen la acción pertinente.

- Pregunta sobre el estado de cada uno de los botones.
- Petición de prender o apagar cada uno los botones de pasillo.
- Mostrar en los displays el estado y/o posición del ascensor.



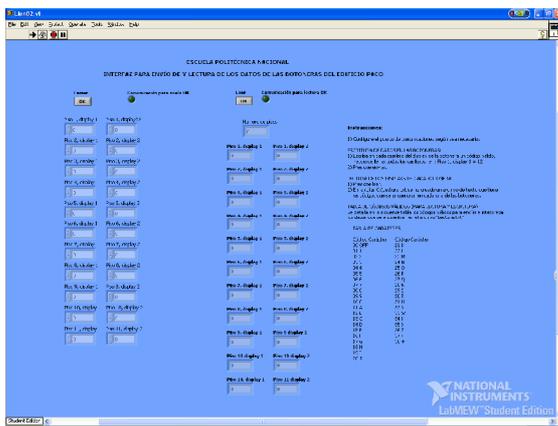
**Figura 3** Tarjeta Master

Adicionalmente a lo diseñado e implementado en el presente proyecto, se vio necesario el desarrollo de un software que permita al administrador del edificio la configuración de los caracteres a presentarse en los displays, con los que se designa a cada uno de los pisos.

Para el desarrollo del programa se escogió como la opción mas conveniente para las necesidades requeridas al software comercial

LabView, ya que este permite en primer lugar manejar un entorno gráfico adecuado para una interfaz amigable hacia el usuario, y al mismo tiempo facilita la programación para esta aplicación en particular, ya que permite el envío y recepción de datos mediante el puerto serial de una computadora personal hacia un sistema microprocesado.

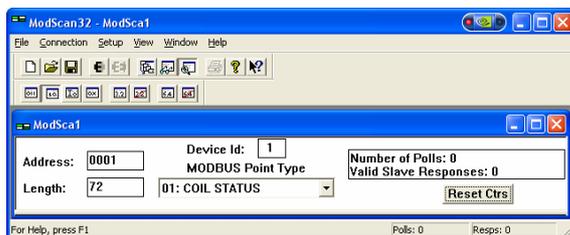
A continuación, en la Figura 4, se muestra el entorno gráfico que el usuario utilizará para establecer la configuración antes mencionada:



**Figura 4** Pantalla para la configuración de los displays

#### 4. PRUEBAS REALIZADAS

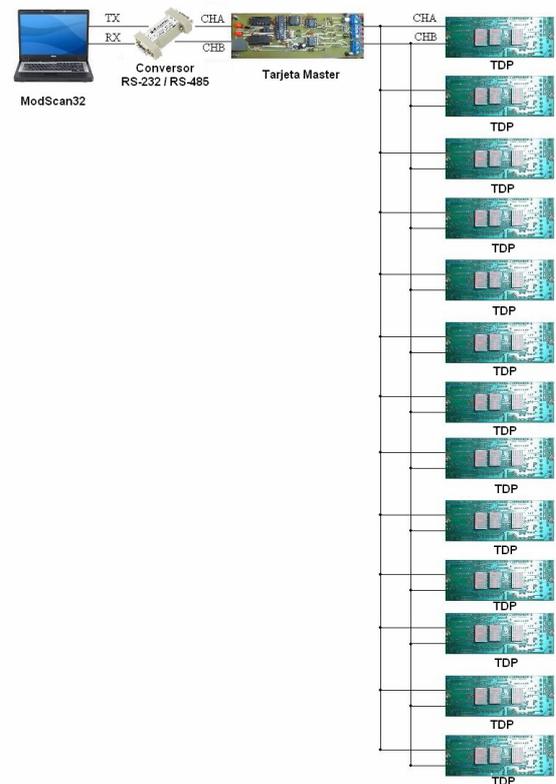
Uno de los propósitos principales del proyecto, es la generación de tramas de comunicación serial en protocolo MODBUS RTU. Por este motivo, en lo que concierne a pruebas, el objetivo principal se encaminó hacia la comprobación de los requerimientos para que una trama sea considerada legítima dentro del protocolo MODBUS RTU. Consecuentemente, para validar las tramas se recurrió a la utilización del software MODSCAN32 de Win-Tech (Figura 5), el mismo que opera como simulador de un dispositivo master en redes con protocolo MODBUS.



**Figura 5** Ventana principal de ModScan32

Una vez que se recibe una trama de pregunta en MODBUS, la Tarjeta Master establece comunicaciones con todas las TDP. Para comprobar que dicha comunicación funciona de acuerdo a lo esperado, era preciso realizar pruebas conectando todas las TDP a la Tarjeta Master y verificando que no haya problemas de colisiones de tramas o pérdidas de datos.

Para poder realizar una comprobación más completa, el siguiente paso en cuanto a pruebas se refiere, fue el de interconectar todo el sistema, reemplazando el control del ascensor por la computadora personal con el software ModScan32 (generador de la trama de pregunta MODBUS), como se muestra en las Figuras 6. Posteriormente se comprueba que todo el sistema funcione correctamente, al ver que el programa de la PC recibe los datos provenientes de las TDP empaquetados en la trama de respuesta MODBUS.



**Figura 6** Conexión de Tarjetas para Pruebas del Sistema

Una vez realizadas las pruebas del funcionamiento de las comunicaciones de todo el sistema y comprobado su funcionamiento con el software mencionado,

se procedió a la instalación del sistema en el ascensor del Edificio Paco. Para ello se tendió cable especial de comunicación RS-485 y se conectó las TDP en cada uno de los pisos, y a continuación se ubicó la Tarjeta master en el tablero principal de control cerca del control del ascensor. Una vez terminada la conexión de todos los elementos se inició las pruebas comprobando los niveles de voltaje en cada una de las tarjetas en los respectivos pisos. Posterior a esto se comprobaron medidas de valores de impedancia de la línea de comunicación junto con la verificación del sistema de puesta a tierra.

Finalizado las pruebas referentes a las protecciones del sistema, se procedió a la comprobación del funcionamiento integral del sistema, verificando que el control se comunique con la Tarjeta Master y a su vez ésta con las TDP para la ejecución de la petición del control.

## 5. RESULTADOS

El propósito de las pruebas realizadas es la comprobación y verificación del cumplimiento de los objetivos establecidos para este proyecto; esto es, que las tarjetas construidas, apoyadas en el protocolo MODBUS, puedan reemplazar toda el cableado que típicamente posee una instalación de control de ascensores.

Uno de los resultados más importantes del presente proyecto fue la disminución de materiales tanto como el número de horas-hombre requeridas para la instalación del sistema de manejo de los periféricos, ampliamente mencionados en este trabajo, mediante la implementación de comunicación digital serial.

Adicionalmente, una de las ventajas que se obtuvo como resultado de la ejecución del proyecto fue la mejora substancial en la presentación de los indicadores de posición de cabina, mediante la utilización de matrices de leds, las cuales permiten desplegar efectos visuales dinámicos, como se muestra en la Figura 7:

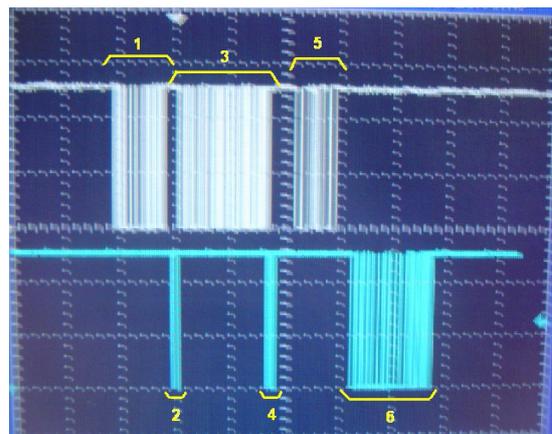


**Figura 7** Indicador Visual Instalado

Luego de la realización de las pruebas utilizando el software ModScan32, se obtuvieron resultados que comprobaron el correcto funcionamiento del sistema de comunicación en protocolo MODBUS; debido a que a cada pregunta enviada, el programa de la Tarjeta Master respondió una trama de respuesta válida.

Como resultado a las pruebas de interconexión de todas las tarjetas y utilizando el ModScan para enviar las tramas de pregunta Modbus, se determinó que la forma en que se diseñó los programas para el envío de los datos era adecuado a los requerimientos específicos de esta aplicación.

Interpretando al gráfico que se muestra en la Figura 8, se nota que el envío de las respuestas individuales por parte de las TDP hacia la Tarjeta Master es continuo y no existe ninguna colisión de datos.



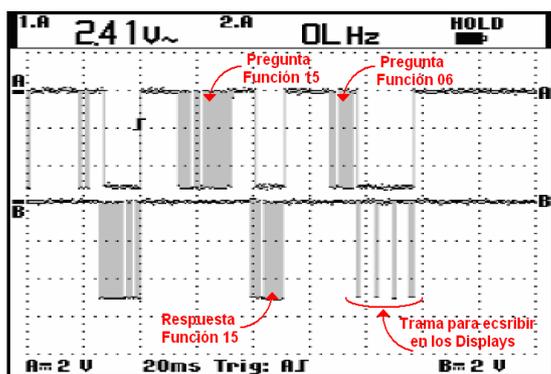
**Figura 8** Señales en los pines RX y TX del Micro de la Tarje Master

En esta Figura 8 se puede apreciar la manera en que funciona un ciclo completo de pregunta tipo Función 1, que es para la lectura del estado de los botones: Se comienza señalando que la señal en la parte superior de la Figura corresponde a pin RX del micro y la señal desplegada en la parte inferior al pin TX.

En el bloque 1, la Tarjeta Master recibe la trama de la pregunta MODBUS desde el Control. A continuación, en el bloque número 2, la tarjeta envía el código correspondiente hacia las TDP para indicarles que se está solicitando el envío del estado de los botones. Luego, en el espacio 3, la Tarjeta Master recibe en intervalos de 1,4 ms el byte que contiene la dirección y el estado de los botones y puerta de cada uno de los pisos. En el paso 4, la tarjeta envía el código de petición de lectura a la cabina, la cual responde, en el bloque 5, los tres bytes correspondientes al estado de los botones internos de cabina. Finalmente, en el espacio 6, la Tarjeta Master devuelve la trama de respuesta a la pregunta de la Función 1 hacia el control, con los datos correspondientes en la trama.

Se debe notar que el tiempo en que se realiza dicha operación es menor a los 100 ms que se tiene como Timeout antes de que el control tome como una trama de respuesta no válida. Por lo que se concluye que las comunicaciones entre la Tarjeta Master y las TDP funcionan correctamente.

A continuación se presenta la gráfica (Figura 9) en donde se muestran las tramas obtenidas ya en sitio mismo de trabajo del sistema, de la Función 15 utilizada para la activación de las luces de los botones, y posteriormente las correspondientes a la Función 06 del protocolo Modbus, las cuales se las utiliza para enviar las peticiones de escritura de los diferentes caracteres en los displays de piso.



**Función 9** Tramas de las funciones 15 y 06

En esta Figura se muestra la trama de datos enviados hacia las TDP para la presentación de los caracteres deseados en los arreglos matriciales de leds. Son cuatro los datos enviados, el primero correspondiente al código de forma en que se presentarán estos

caracteres, el segundo y tercero corresponden a los códigos de los caracteres a presentar y por último la dato de comprobación de integridad de trama, verificando así que el sistema instalado funciona de manera correcta.

## 6. CONCLUSIONES

Después de haber realizado tanto los procesos de diseño como de implementación de este trabajo y de haber ejecutado las pruebas pertinentes, se extraen las conclusiones respecto a este Proyecto. Igualmente, de la experiencia adquirida es posible extraer algunas recomendaciones que podrían contribuir con futuros trabajos.

- La motivación principal para la realización del presente trabajo fue la de facilitar las tareas relacionadas con la instalación y manejo de las botoneras e indicadores de los ascensores, ya que normalmente se requiere para dicho proceso la utilización de varios conductores por cada piso. Es por ello que se buscó una mejora substancial al utilizar comunicación serial digital. Este método se basa en la implementación de únicamente dos líneas para la transmisión de datos, resultando en reducción en el tiempo de instalación y materiales utilizados, derivando en la disminución del costo total del proyecto.
- Se utiliza el protocolo MODBUS RTU en este proyecto debido a la amplia gama de posibilidades que este dispone para su instalación, independientemente del tipo de control que se utilice en los ascensores. Sobre todo considerando que en la mayoría de casos se utiliza un PLC, en donde las comunicaciones se realizan por medio de dicho protocolo.
- Se estableció que por requerimientos propios del sistema lo más adecuado fue utilizar el modo RTU para la aplicación del protocolo MODBUS, ya que para este proyecto se necesita un barrido constante y rápido de los periféricos del ascensor, minimizando de esta manera los tiempos dentro y entre las tramas, a diferencia del modo ASCII en el cual se pueden realizar las pruebas sin importar los intervalos de tiempo.

- Finalmente, es importante recalcar sobre las mejoras que se alcanzaron luego de la implementación del presente trabajo en los ascensores del edificio PACO, en donde la usuarios se muestran a gustos y satisfechos con el nuevo sistema de periféricos, ya que se mejoró el manejo de los displays y botoneras empleando animaciones útiles para el usuario.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] CORRALES, Luis, “*Interfases de Comunicación Industrial*”, Ecuador , 2004

[2] B&B Electronics, “*RS-422 and RS-485 Application Note*”, Estados Unidos, 2004, [www.bb-elec.com](http://www.bb-elec.com)

[3] Texas Instruments, “*Differential Bus Transceivers Application Note*”, 2002

[4] MODICON, Inc., “*Modicon Modbus Protocol Referente Guide*”, Estados Unidos, 1996

[5] IRAZABAL, Jean, BLOZIS, Steve, Philips Semiconductors, “*I<sup>2</sup>C Bus Manual Application Note*”, Estados Unidos, 2003

[6] ATMEL, “*Two-wire Automotive Temperature Serial EEPROM*”, 2005

[7] Motorola Semiconductors, “*8-bit Serial-Input / Pararell Output Shift Register*”, 1995

[8] ATMEL, “*8-bit Microcontroller with 2K Bytes Flash*”, 2005

## 8. BIOGRAFÍAS

### Fernando Iván León Araujo



Nacido en Quito – Ecuador el 26 de Agosto de 1982, comienza sus estudios primarios en la Escuela Particular Borja #2, continuando su educación en el Colegio Municipal Sebastián de Benalcázar graduándose en el año 2000

como Bachiller de la República del Ecuador en la especialización de Físico – Matemático.

Continúa sus estudios en la Escuela Politécnica Nacional en la carrera de Ingeniería Electrónica y Control por 6 años llegando a obtener su Título de Ingeniero en dicha carrera en Diciembre del 2006.

Durante estos años toma adicionalmente algunos cursos en el Idioma Inglés, obteniendo la Suficiencia en Enero del año 2002 junto con algunos cursos relacionados con la carrera.

En Febrero del 2006 ingresa a trabajar como Ingeniero de Proyectos para la Compañía de Automatización y Control Genesys S.A. en donde se desempeña en dicho cargo hasta la actualidad.

e-mail: fleon23@uio.satnet.net

### Luis Aníbal Corrales Paucar



El Dr. Luis Corrales realiza sus estudios secundarios en el colegio Experimental Central Técnico, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Radio Tecnia.

Posteriormente se gradúa en 1979 en la Escuela Politécnica Nacional

como Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. En la Universidad de Strathclyde en Gran Bretaña, sigue sus estudios de post grado donde, desde 1984 a 1988, obtiene su PhD en Bioingeniería.

Trabajó por diez años como Consultor en el Área de Sistemas en el Banco Interamericano de Desarrollo, siendo una de sus actividades la de Administrador de su red Informática. Ha dirigido decenas de tesis, incluyendo varias a nivel de maestría, en temas relacionados con la Informática, Rede LAN, Redes Digitales Industriales, Instrumentación Biomédica, Domótica, Automatización de Procesos Industriales, Automatización de Invernaderos, etc. Actualmente es Profesor Principal en la EPN y a su vez Instructor CCNA en la Academia CISCO. Ha dictado charlas y seminarios en varias Instituciones Educativas del País, así como para varias empresas privadas.