

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LABORATORIO REMOTO PARA LA  
REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**DANIEL CAMILO PRADA VILLAMIZAR**

**JUAN DAVID DURAN TRISTANCHO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LABORATORIO REMOTO PARA LA  
REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**DANIEL CAMILO PRADA VILLAMIZAR**

**JUAN DAVID DURAN TRISTANCHO**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director:**

**JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ**

**M. Sc. en ingeniería mecánica**

**Co-Directores**

**ALFREDO SANTANA DIAZ**

**Ph. D. en electrónica y control automotriz**

**LUIS MIGUEL ZABALA GUALTERO**

**Ingeniero mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

## DEDICATORIAS

A Dios, a mi familia y a mis amigos, gracias a todos por hacer esto posible.

**Daniel Camilo Prada Villamizar**

Primero que todo a Dios, que fue mi guía y cuidador en todo este proceso.

A mi madre, Fanny Tristancho Ramírez, que sin ella no sería la persona llena de valores, con ganas de salir adelante y preparada para el mundo, que soy hoy por hoy.

Y a todos mis amigos, compañeros y conocidos que conocí a través de mi formación profesional, que dejaron en mi lo mejor de ellos.

**Juan David Duran Tristancho**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Jorge Enrique Meneses Flórez por su orientación en todo el proyecto, la confianza depositada en nosotros, sus consejos y recomendaciones, que permitieron la culminación del trabajo de grado y, a su vez, ayudaron a nuestra formación personal y profesional.

Más que agradecer, reconocer todo el apoyo brindado por parte de nuestros amigos, por su inmensa colaboración en cada una de las fases del proyecto, pues no hubiera sido posible la culminación del mismo sin su ayuda y compromiso.

De igual forma a nuestros padres, quienes estuvieron siempre con nosotros, recordándonos en todo momento el sentido de la responsabilidad y el trabajo duro. El apoyo incondicional brindado por ellos no tiene precio, y no nos alcanzará la vida para agradecerles por lo que han hecho por nosotros.

Es preciso hacer un agradecimiento especial a ese amigo que, con su sencillez, humildad y su infinita paciencia, nos hizo pasar los mejores momentos durante nuestra carrera universitaria, acompañado de sus ocurrencias y sus famosos dichos que hacían reír a todos. El gordi siempre presente.

**Daniel Camilo Prada Villamizar**

**Juan David Duran Tristancho**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION .....	20
1. DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LABORATORIO REMOTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....	23
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	23
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONÁR EL PROBLEMA.....	24
1.3 OBJETIVOS .....	26
1.3.1 Objetivo General. ....	26
1.3.2 Objetivos Específicos. ....	26
2. DESCRIPCION DEL LABORATORIO REMOTO .....	28
2.1 CONTROL DE ACCESO AL LABORATORIO REMOTO.....	35
2.2 TERMINAL DE TRABAJO REMOTA: BANCO VAGONETAS .....	37
2.3 TERMINAL DE TRABAJO REMOTA: BANCO TÚNEL DE VIENTO .....	40
2.3.1 Sistema de control de posición angular (Sistema de control SISO).....	42
2.3.2 Sistema de control regulado de velocidad y temperatura (Sistema de control MIMO). 42	42
3. DISEÑO DEL CONTROL DE ACCESO Y LABORATORIO REMOTO .....	43
3.1 Control de Acceso.....	43
3.2 Laboratorio Remoto .....	49

4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB.....	52
4.1 BASE DE DATOS .....	56
4.2 ADMINISTRADOR.....	57
4.2.1 Menú: Estudiantes. ....	58
4.2.2 Menú: Profesores.....	60
4.2.3 Menú: Agregar usuarios.....	62
4.2.4 Menú: Bancos. ....	65
4.2.5 Menú: Apartar Bancos. ....	68
4.2.6 Menú: Programar Reset.....	69
4.3 USUARIO COMUN: ALUMNO.....	72
4.3.1 Consultar horario. ....	73
4.3.2 Bancos.....	75
4.3.3 Perfil. 79	
4.4 USUARIO COMUN: PROFESOR.....	81
4.4.1 Mis Alumnos. ....	81
5. LABORATORIOS REMOTOS.....	84
5.1 CONFIGURACIÓN INICIAL DE LOS BANCOS DE TRABAJO .....	84
5.1.1 Configuración del computador. ....	84
5.2 TERMINAL REMOTA: BANCO VAGONETAS.....	86
5.3 TERMINAL REMOTA: BANCO TUNEL DE VIENTO.....	89
6. PRUEBAS.....	91
6.1 ATAQUE POR INYECCIÓN SQL .....	91
6.2 LATENCIA DE LA CONEXIÓN VNC .....	94

7. CONCLUSIONES .....	100
8. RECOMENDACIONES .....	102
BIBLIOGRAFIA.....	104
ANEXOS .....	106

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema de laboratorio remoto con planta real .....	25
Figura 2. Laboratorio presencial con planta real. ....	29
Figura 3. Esquema de una conexión VNC. ....	29
Figura 4. Laboratorio remoto.....	30
Figura 5. Arquitectura de un laboratorio remoto que incluye un control de acceso para los usuarios.....	31
Figura 6. Esquema explicativo del laboratorio remoto diseñado.....	33
Figura 7. Control de acceso al laboratorio remoto. ....	35
Figura 8. Página de inicio de la aplicación WEB.....	36
Figura 9. Esquema explicativo de la terminal de trabajo remota: Banco Vagonetas .....	37
Figura 10. Panel de control virtual. ....	39
Figura 11. Esquema explicativo de la terminal de trabajo remota: Banco Túnel de Viento.....	40
Figura 12. Planta real Banco Túnel de Viento .....	42
Figura 13. Página de inicio de la aplicación WEB.....	46
Figura 14. Página principal de la aplicación WEB.....	47
Figura 15. Página del administrador de la aplicación WEB. ....	48
Figura 16. Página inicial de la aplicación web. ....	53
Figura 17. Contenido del menú Bancos.....	54
Figura 18. Contenido del sub-menú Banco Vagonetas.....	54
Figura 19. Contenido del sub-menú Banco Túnel de Viento.....	55
Figura 20. Esquema administración de usuarios de la aplicación web.....	56
Figura 21. Base de datos de la aplicación web.....	56

Figura 22. Página del Administrador.....	58
Figura 23. Pestaña estudiantes de la página del administrador. ....	59
Figura 24. Lista de usuarios alumnos de la aplicación web.....	59
Figura 25. Página de edición de los usuarios alumnos.....	60
Figura 26. Pestaña Profesores de la página del administrador. ....	61
Figura 27. Página de edición de los usuarios profesor. ....	62
Figura 28. Pestaña Agregar usuarios. ....	63
Figura 29. Formulario para agregar un usuario profesor. ....	63
Figura 30. Formulario para agregar un usuario alumno.....	64
Figura 31. Página para agregar usuarios seguidos. ....	65
Figura 32. Pestaña bancos de la página del administrador. ....	66
Figura 33. Alternativa número 1 de la pestaña Bancos. ....	67
Figura 34. Alternativa número 2 de la pestaña Bancos. ....	67
Figura 35. Alternativa número 3 de la pestaña Bancos. ....	68
Figura 36. Pestaña Apartar Bancos de la página del administrador. ....	68
Figura 37. Profesor con días apartados en el Banco Vagonetas.....	69
Figura 38. Pestaña Programar Reset de la página del administrador I.....	70
Figura 39. Pestaña Programar Reset de la página del administrador II.....	71
Figura 40. Página principal de la aplicación.....	72
Figura 41. Horario de las horas reservadas por los alumnos en el Banco Vagonetas.....	73
Figura 42. Horario de las horas reservadas por los alumnos en el Banco Vagonetas.....	74
Figura 43. Sub-menú Reservar horario.....	75
Figura 44. Sub-menú Banco Vagonetas. ....	76
Figura 45. Nube de internet con documentos sobre el Banco Vagonetas. ....	76
Figura 46. Sub-menú Banco Túnel de Viento. ....	77
Figura 47. Nube de internet con documentos sobre el Banco Túnel de Viento. ....	77
Figura 48. Pestaña habilitada del sub-menú Banco Vagonetas.....	78
Figura 49. Pestaña habilitada del sub-menú Banco Túnel de Viento.....	78

Figura 50. Página de Trabajo.....	79
Figura 51. Sub-menú Mi Perfil. ....	80
Figura 52. Sub-menú Cambiar contraseña. ....	80
Figura 53. Sub-menú Mis Alumnos.....	81
Figura 54. Vista de la pestaña mis cursos en el menú Mis Alumnos. ....	82
Figura 55. Vista de la pestaña estudiantes en el menú Mis Alumnos. ....	82
Figura 56. Vista de la pestaña agregar mis alumnos en el menú Mis Alumnos. ....	83
Figura 57. Configuración del VNC. ....	84
Figura 58. Esquema de la ejecución secuencial del script de borrado de bloques. .....	86
Figura 59. Configuración del servidor OPC. ....	87
Figura 60. Formulario de inicio de sesión de la aplicación web. ....	91
Figura 61. Sección de código, formulario de inicio de sesión (Sentencia SQL vulnerable). ....	92
Figura 62. Sentencia SQL inyectada (recuadro rojo). ....	92
Figura 63. Código de sentencia SQL segura. ....	93
Figura 64. Conexión cliente-servidor-planta física. ....	95
Figura 65. Grabación de la pantalla del usuario accediendo al laboratorio remoto. .....	96
Figura 66. Elementos de la grabación realizada en el LABAI. ....	97

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación y Propiedades de los usuarios de la aplicación. ....	45
Tabla 2. Variables de entrada y salida para el uso de la terminal remota por parte de los usuarios.....	88
Tabla 3. Retraso entre el servidor y la planta física. ....	95
Tabla 4. Velocidad de internet en cada lugar de la prueba.....	98
Tabla 5. Retraso entre el cliente y la planta física.....	98
Tabla 6. Retraso entre el cliente y el servidor.....	99

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
(Anexos en carpeta adjunta en CD)	
<b>ANEXO A. Libro del trabajo de grado del Banco Vagonetas .....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO B. Libro del trabajo de grado del Banco Túnel de viento .....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO C. HMI Virtualizado del banco de Vagonetas.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO D. Código de la aplicación web.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO E. Script programado para el borrado de los bloques del PLC. ....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO F. Programa base banco vagonetas .....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO G. Bloques de protección para las configuraciones del banco túnel de viento. ....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO H. Prueba de latencia.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO I. Tiempo Unix.....</b>	<b>106</b>

## GLOSARIO

**Automatismos lógicos:** Componente software responsable de la lógica de un sistema de automatización; se entiende como la programación del PLC elaborada por un usuario.

**PLC:** Controlador lógico programable, es el componente hardware detrás de la ejecución de los automatismos lógicos.

**Marcas:** Variables auxiliares usadas en la programación del PLC.

**Slide:** Módulos de información dispuestos a modo de pestañas de acceso dentro de las páginas WEB.

**Check:** Casilla de selección usada para el control de los estados de algunas variables.

**Link:** Dirección URL de una página web.

**Nube de internet:** Espacio de almacenamiento, al que se accede a través de la WEB; Dependiendo de la nube pueden existir restricciones y costes adicionales.

**Labview:** Software para el desarrollo de y monitoreo de sistemas de control aplicados a la ingeniería.

**TIA Portal:** Software que permite el desarrollo, la compilación y la carga de los automatismos lógicos en los PLC.

**VNC:** Protocolo de comunicación que ejecutado entre un cliente y un servidor, en el que el cliente tiene la posibilidad de operar de forma remota el computador servidor.

**GRAFSET:** Metodología usada para el diseño de automatismos lógicos secuenciales.

**Teleoperación:** Tomar el control de un equipo y operarlo remotamente mediante un protocolo de comunicación (por ejemplo VNC).

**PHP:** Lenguaje de programación web que incluye funciones para el manejo de bases de datos de MYSQL.

**MYSQL:** Herramienta software que permite la administración de bases de datos.

## RESUMEN

**TITULO: DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LABORATORIO REMOTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL \***

**AUTORES:** Daniel Camilo Prada Villamizar. Juan David Duran Tristancho. \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, laboratorio remoto, PLC, aplicación web.

### **DESCRIPCIÓN:**

El objetivo de este proyecto es aumentar la disponibilidad de las plantas con que cuenta el laboratorio de automatización industrial. De manera que los estudiantes de ingeniería mecánica en materias como Sistemas Mecatrónicos I y Autómatas Programables, tengan la posibilidad de desarrollar las prácticas referentes a los temas de automatización industrial en horarios mucho más flexibles y amplios.

Con base en esto, se desarrolló un laboratorio remoto conformado por un servidor en el que se encuentra una aplicación web encargada de la administración de todo el sistema, dos terminales remotas de trabajo, equipadas cada una con una planta física especializada en una temática de automatización industrial tal como el control de procesos para el caso del Túnel de Viento y el diseño de automatismos lógicos secuenciales basados en la metodología GRAFCET/GEMMA para el Banco de Vagonetas. El laboratorio remoto es flexible a la disponibilidad del usuario, quien puede programar su horario de trabajo según como lo desee a través de la aplicación web, y una vez dentro de alguna terminal tiene la opción de crear, modificar, compilar y cargar automatismos lógicos en los PLCs de alguna de las plantas físicas adecuadas para la ejecución de los automatismos desarrollados y el seguimiento vía *Webcam* de los mismos.

El laboratorio remoto desarrollado, es finalmente un sistema robusto, seguro y flexible que constituye una mejora para los objetos de aprendizaje con que cuenta el laboratorio de automatización industrial y marca los preceptos bajo los cuales deben funcionar los demás bancos de este laboratorio en el futuro.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Ing. Jorge Enrique Meneses Flórez.

## ABSTRACT

**TITLE: DEVELOPMENT OF A REMOTE LABORATORY PROTOTYPE TO PERFORM INDUSTRIAL AUTOMATION PRACTICES. \***

**AUTHORS:** Daniel Camilo Prada Villamizar. Juan David Duran Tristancho.\*\*

**KEY WORDS:** Automation, Remote laboratory, PLC, Web application.

### **DESCRIPTION:**

The main objective of this project is to increase the availability of the plants in the industrial automation laboratory of the Mechanical Engineering faculty, pursuing an improvement in the lessons of courses such as Mechatronic Systems I and Programmable automates. As a result, is expected more flexible and broad schedules for the students.

Based on this, a remote laboratory was developed using a server that host a web application in charge of the administration of the whole system and two remote working terminals, each one equipped with a specialized physical plant. The laboratory have a wind tunnel to study control techniques and one industrial plant model (wagons plant) to test logical Automatism based on the methodology GRAFCET/GEMMA. The remote laboratory is flexible with time availability of the user, who can plan its work schedule according to its requirements through the web application. Once in charge of any terminal, one have the option to create, to modify, to compile and to upload programs in the PLCs related to any of the plants. Also, the working terminals have integrated webcam tracking to feedback the execution of the automatism to the user.

The remote laboratory developed, is a robust system, safe and flexible that constitutes an improvement for the academic material of the industrial laboratory and a guideline for future improvements in the operation of the rest of the plants in the laboratory.

---

\* Degree Work.

\*\* Faculty of Physico-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Ing. Jorge Enrique Meneses Flórez.

## INTRODUCCION

El control de procesos industriales ha ido mejorando a través de los años, donde una parte ha sido por la evolución de las tecnologías de la información y comunicación, y la otra por los avances hechos en las áreas de la electrónica, eléctrica y mecánica. Debido a esto se pasó de tener líneas de producción con muchas personas haciendo cada una un trabajo en especial, a líneas de producción totalmente automatizadas controladas por autómatas programables, mejor conocidos como PLCs, construidos especialmente para ser usados en todo tipo de industrias.

Cuando se imparte una clase presencial, como en la universidad o el colegio, los alumnos pueden corroborar lo aprendido en asignaturas complementarias conocidas como laboratorios, pues lo mejor para ellos es aplicar lo aprendido inmediatamente, experimentando y reflexionando sobre las consecuencias que sus acciones tuvieron, esto gracias a la posibilidad que el alumno tiene de trabajar con plantas reales. Sin embargo, existen cierto tipo de limitaciones con estos equipos tales como altos niveles de costo en términos de tiempo, dinero y energía, o complejidad en la puesta a punto de muchos de estos implementos, que hacen que las experiencias prácticas se vean fuertemente afectadas.

Aprovechando la evolución que ha tenido la Internet como tecnología de información y comunicación, la invención de los “Laboratorios Remotos” ha sido posible gracias a ella, los cuales buscan la disminución de costos y aumentar la disponibilidad de los equipos de laboratorio, incrementando el número de prácticas que se pueden ofrecer, dando acceso a él en horarios amplios y flexibles. Estos laboratorios pueden operar plantas reales o plantas simuladas y dependiendo del

tipo de planta que se use, se puede obtener un modelo para la teleoperación de una planta real o un laboratorio remoto con plantas simuladas.

Debido a la disponibilidad de plantas físicas con que cuenta el laboratorio de automatización industrial, en este proyecto se usaron plantas reales para el diseño del laboratorio remoto. Con el objetivo de brindar la más alta fiabilidad en las prácticas y datos obtenidos, todo su entorno está diseñado para que quien use el laboratorio remoto, tenga una experiencia bastante cercana a la que tendría si usara la planta de manera presencial, esto sin las limitaciones que se dan debido a la disponibilidad y/o ubicación de la misma.

En el siguiente Documento se presenta la realización del primer prototipo de Laboratorio Remoto que se llevará a cabo en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Industrial de Santander Campus Principal, donde en el capítulo uno se define la necesidad de la creación de este proyecto de grado, se identifica el problema y se da una solución a él, además de cuál es el objetivo del proyecto y los alcances que tendrá.

En el segundo capítulo se explica con brevedad todo el proyecto y las partes que lo componen, a modo de que quien lo lea pueda entender a plenitud todo lo que se hizo.

En el tercer capítulo se plasma el diseño que se le dio al laboratorio remoto visto desde el punto de vista de los requerimientos y a partir de este diseño su posterior construcción.

En el cuarto y quinto capítulo se habla sobre la construcción de laboratorio remoto, tanto el componente hardware como el componente software de este, las adecuaciones que se le hicieron a cada planta real y seguridad establecida a todo el conjunto.

En el sexto capítulo se habla de las pruebas realizadas al laboratorio remoto y se exponen sus resultados para cada caso.

# **1. DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LABORATORIO REMOTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Un buen proceso de aprendizaje es clave a la hora de desarrollar buenas competencias en las distintas áreas de la industria en las que se puede enfocar un estudiante y futuro profesional. En procesos de automatización es necesario que el personal a cargo, ya sea un estudiante o un profesional, tenga tanto los conocimientos como las habilidades necesarias para desempeñarse de forma adecuada en áreas importantes como el diseño y el manejo de automatismos.

Los laboratorios presenciales con plantas reales, permiten complementar el proceso de aprendizaje de los estudiantes por medio de prácticas que los involucran de forma directa con el proceso en cuestión y les ayudan a afianzar los conceptos aprendidos en las aulas de clase, mediante el análisis y la evaluación de los resultados obtenidos con el desarrollo de cada una. Sin embargo, debido a diferentes razones, la disponibilidad de los laboratorios es limitada, y en consecuencia el desarrollo de las competencias de los estudiantes también lo es.

Aun cuando los estudiantes realizan sus debidas prácticas en los laboratorios, en muchas ocasiones la oportunidad que tienen de obtener una experiencia completa en el desarrollo y el análisis de las temáticas, se ve frustrada por razones como la falta de espacio o el exceso de estudiantes por turno, situaciones que no permiten que todos saquen el mismo provecho de las prácticas y en algunos casos hace que la experimentación se limite a ver como los equipos son operados, y como las tareas son desarrolladas por la persona a cargo del laboratorio y no por los mismos estudiantes.

Una de las grandes limitaciones que poseen los modelos actuales de laboratorios presenciales que usan plantas reales, tiene que ver con los horarios en los que se desarrollan las jornadas académicas, pues incluso cuando algunas jornadas son lo suficientemente extensas, los equipos deben estar parados por largos periodos, situación que propicia la infrautilización de los equipos y el aumento de la frecuencia con la que estos fallan, pues en general, los equipos son diseñados para prestar sus servicios de forma continua durante periodos definidos de tiempo, por lo que al usar los equipos de la forma en que se hace actualmente, no solo se está reduciendo la vida útil de los mismos, también se están aumentando los costos de su mantenimiento.

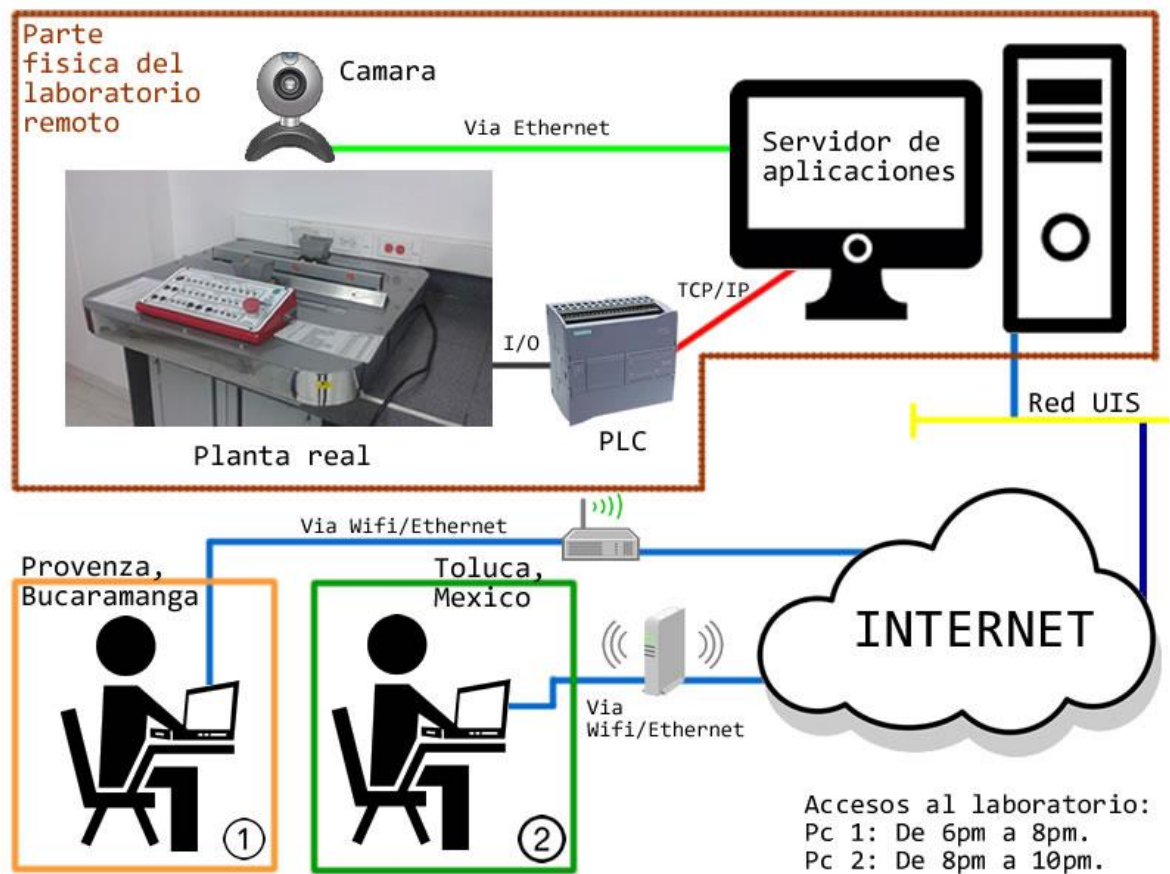
## **1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONÁR EL PROBLEMA**

Las practicas realizadas en los laboratorios, que incluyen desde la puesta a punto del equipo para su uso correcto, hasta una toma de datos y una reflexión sobre los resultados obtenidos, son fundamentales a la hora de complementar las enseñanzas impartidas en las aulas de clase por los profesores. Sin embargo la disponibilidad de los laboratorios en la mayoría de los casos es bastante limitada, ya sea por la poca accesibilidad de los horarios propuestos para el desarrollo de estas o por el poco tiempo del que se dispone al hacer una práctica pasando a varios grupos de forma secuencial, todos por el mismo laboratorio. Resulta claro que los estudiantes en la mayoría de los casos no pueden sacar todo el provecho de las prácticas realizadas, haciendo que el aprendizaje sea, para la mayoría de los casos incompleto.

El desarrollo de un laboratorio remoto (ver figura 1), tiene como finalidad aumentar la disponibilidad de los laboratorios, de modo que los estudiantes tengan una mayor oportunidad de complementar su aprendizaje con el desarrollo de prácticas

guiadas con un alto grado de realimentación sensorial que intente igualar en gran medida la interacción directa con los equipos, beneficio que trae como valor agregado la reducción de la infrautilización de los equipos con los que cuentan los laboratorios y del deterioro de los mismos debido a periodos relativamente largos de inactividad. Además de esto, la implementación de un laboratorio tele operado supone un avance en cuanto a la calidad de los métodos de enseñanza y aprendizaje que se manejan en la universidad, lo que supone una mejora en la imagen de la universidad como institución educativa.

Figura 1. Esquema de laboratorio remoto con planta real



## 1.3 OBJETIVOS

**1.3.1 Objetivo General.** Contribuir con la misión de la universidad Industrial de Santander en cuanto a la aplicación del conocimiento, el desarrollo, la transferencia de tecnologías y la formación de personas de alta calidad profesional por medio de un prototipo de laboratorio remoto que permita una mejora en la calidad del aprendizaje de los estudiantes en el manejo de procesos de automatización industrial.

### 1.3.2 Objetivos Específicos.

- Definir e instalar la arquitectura hardware del laboratorio remoto, que incluye:
  - Las conexiones vía TCP/IP entre el PLC y el servidor de aplicaciones.
  - Las conexiones de señales digitales de entrada y salida a los módulos del PLC.
  - La conexión vía Ethernet de las cámaras web, encargadas de llevar al usuario la visualización del proceso.
  
- Desarrollar e implementar una plataforma web que dirija la teleoperación del laboratorio remoto, alojada en el servidor de aplicaciones que permita:
  - Controlar la cantidad de usuarios que acceden al laboratorio.
  - Asignar horarios de acceso a la plataforma web para los usuarios.
  - Subir los programas desarrollados previamente por los usuarios a la plataforma, y cargarlos en los autómatas para su posterior ejecución.

- Programar la arquitectura software encargada de la seguridad del laboratorio remoto, compuesta por:
  - Bloques lógicos de operación programados en los PLC encargados de la protección de los objetos de aprendizaje (bancos de trabajo) administrados por el laboratorio, que detengan los procesos que se están desarrollando en los mismos ante la ejecución de instrucciones erróneas por parte de los usuarios que puedan afectar la integridad del equipo o el correcto funcionamiento de ellos.
  - Bloques de función programados, que devuelvan los equipos a sus estados iniciales y limpien los programas cargados en los PLC inmediatamente después de que haya un cambio de usuario.
  
- Implementar un sistema de cámaras web, que permitan a los usuarios la visualización de los procesos que se están ejecutando en los objetos de aprendizaje y complementen el desarrollo de competencias por medio de la retroalimentación visual de los procesos.
  
- Adecuar, mediante la realización de un mantenimiento que devuelva a los objetos de aprendizaje a sus condiciones óptimas de trabajo, y realizar el cambio de los módulos de entrada y salida de los PLC actuales por los módulos de los nuevos controladores a:
  - El banco de vagonetas (ver anexo A) creado para el proyecto OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL DISEÑO DE AUTOMATISMOS LÓGICOS SECUENCIALES BASADO EN GRAFCET.
  - El banco MIMO (ver anexo B) creado para el proyecto OBJETO DE APRENDIZAJE PARA PRACTICAS EN SISTEMAS DE CONTROL MUESTREADO BASADO EN CONTROLADORES INDUSTRIALES.

## 2. DESCRIPCION DEL LABORATORIO REMOTO

Se entiende por laboratorio remoto “Aquél que existe y puede ser manipulado de forma remota a través de Internet, haciendo uso de Webcams, hardware específico para la adquisición local de datos y software para dar una sensación de proximidad con el equipamiento<sup>1</sup>”.

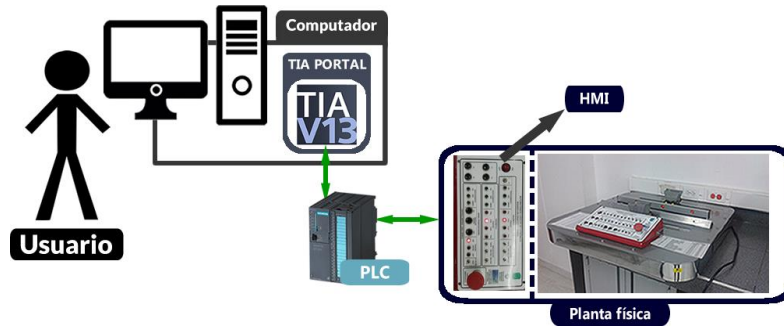
Para el desarrollo del prototipo de laboratorio remoto se partió del esquema básico usado en el laboratorio de automatización industrial de la UIS, conocido como "laboratorio presencial con plantas reales<sup>2</sup>" (ver figura 2), que cuenta con un computador, un PLC y un Banco de trabajo, y requiere de una interacción física del usuario con estos elementos. En este caso, la manipulación de los bancos se da en tres etapas: en la primera el usuario diseña sus automatismos, en la segunda los desarrolla en el computador y los carga al PLC haciendo uso del TIA PORTAL, que es una herramienta que incluye el entorno de desarrollo integrado necesario para la programación de los PLC y, en la tercera, el usuario manipula el Banco por medio del HMI (en este caso físico) propio de este.

---

<sup>1</sup> CALVO, Isidro. ZULUETA, Ekaitz. GANGOITI, Unai. LÓPEZ, José Manuel. “Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas”. Ikastorratza, revista electrónica de Didáctica. Tercer número. p. 3. Disponible en: [http://www.ehu.eus/ikastorratza/3\\_alea/laboratorios.pdf](http://www.ehu.eus/ikastorratza/3_alea/laboratorios.pdf)

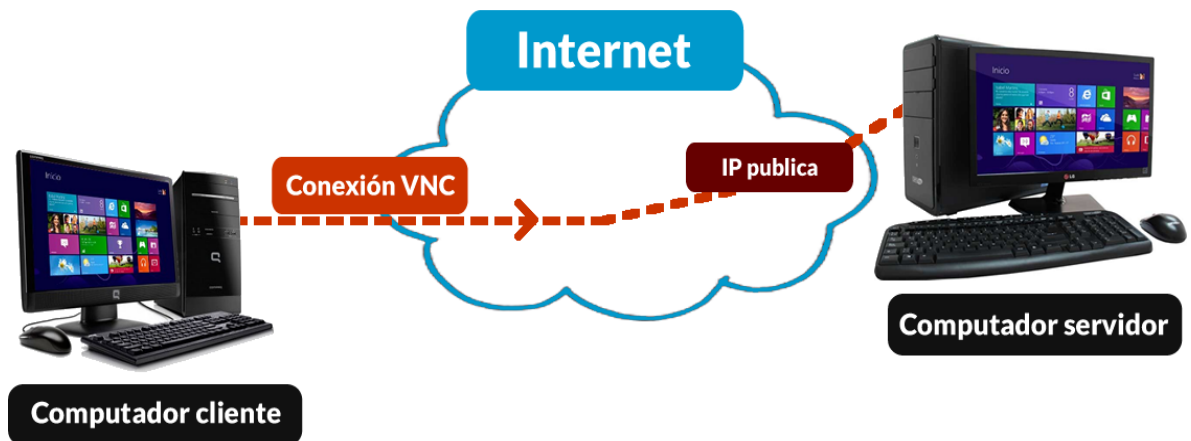
<sup>2</sup> Ibíd., p. 3

Figura 2. Laboratorio presencial con planta real.



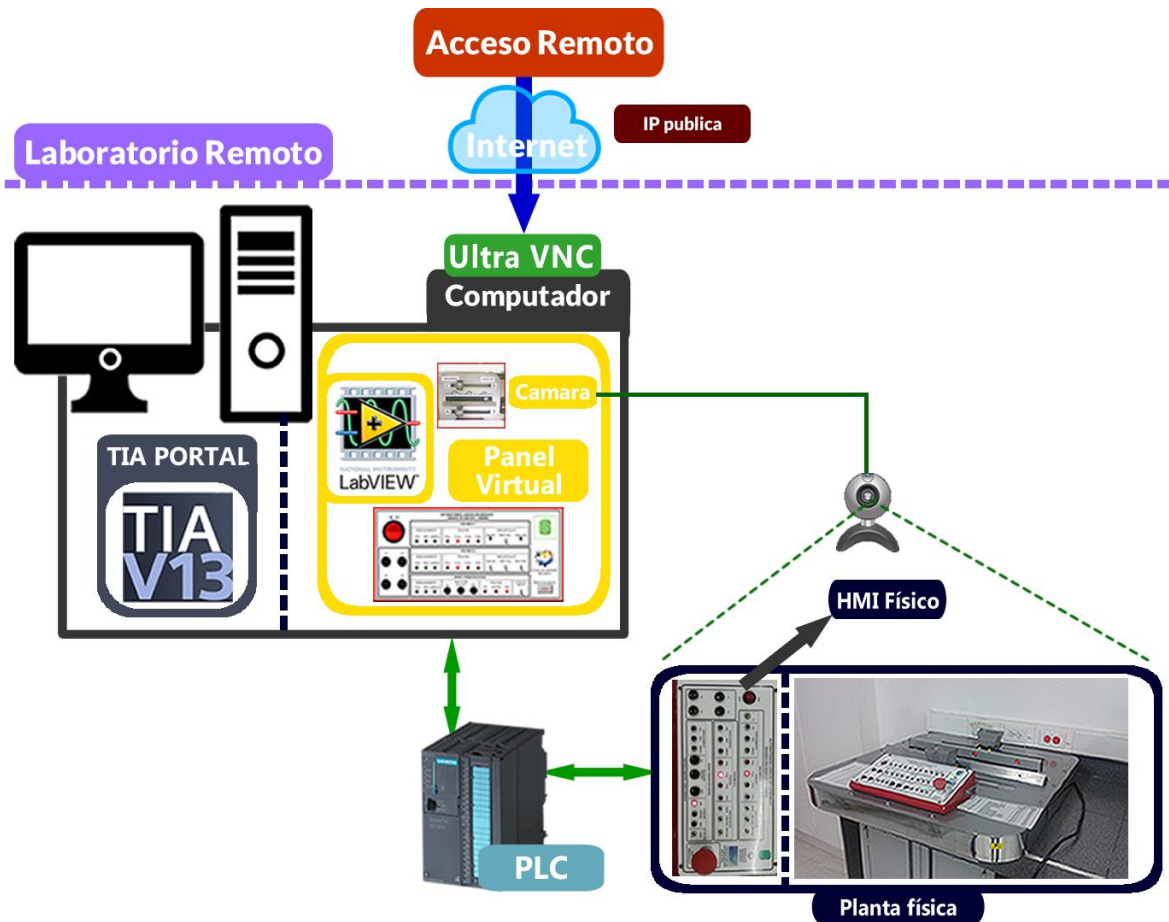
En el desarrollo del laboratorio remoto, se requirió efectuar una conexión VNC (Ver figura 3) que consiste en un software de acceso remoto, basado en una estructura cliente-servidor, donde un computador cliente puede visualizar la pantalla del computador servidor y, según los permisos otorgados por parte del servidor, el cliente puede llegar a tomar el control total de este computador. Tomando en cuenta lo anterior, se instaló el Software ULTRAVNC en el computador conectado a la planta física, con el fin de que este haga las veces de servidor VNC, y se dejó como cliente al usuario que accede a través de la red por medio de una dirección de internet (IP pública) asignada al servidor VNC.

Figura 3. Esquema de una conexión VNC.



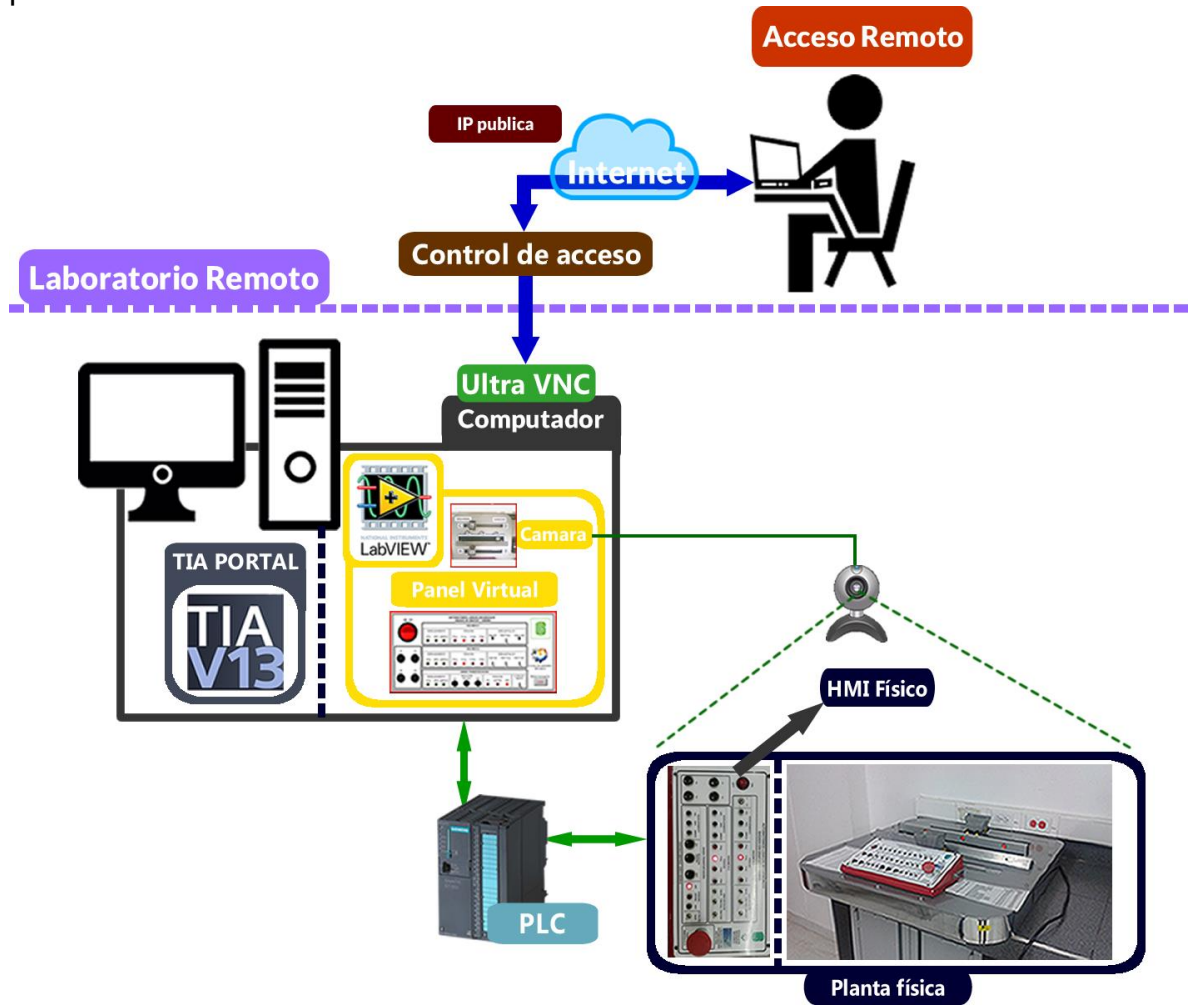
Se hace necesario el uso de una cámara web, para que el usuario que está conectado remotamente al computador servidor, pueda ver en tiempo real el funcionamiento del automatismo que acabó de cargar en el PLC y que por medio del HMI virtual, ejecutó en la planta física. La cámara se incorpora junto al Panel virtual diseñado, de modo que se observe lo que va sucediendo en la planta a medida que el usuario interactúa con este, en la figura 4, se muestra un esquema con la estructura mencionada anteriormente.

Figura 4. Laboratorio remoto.



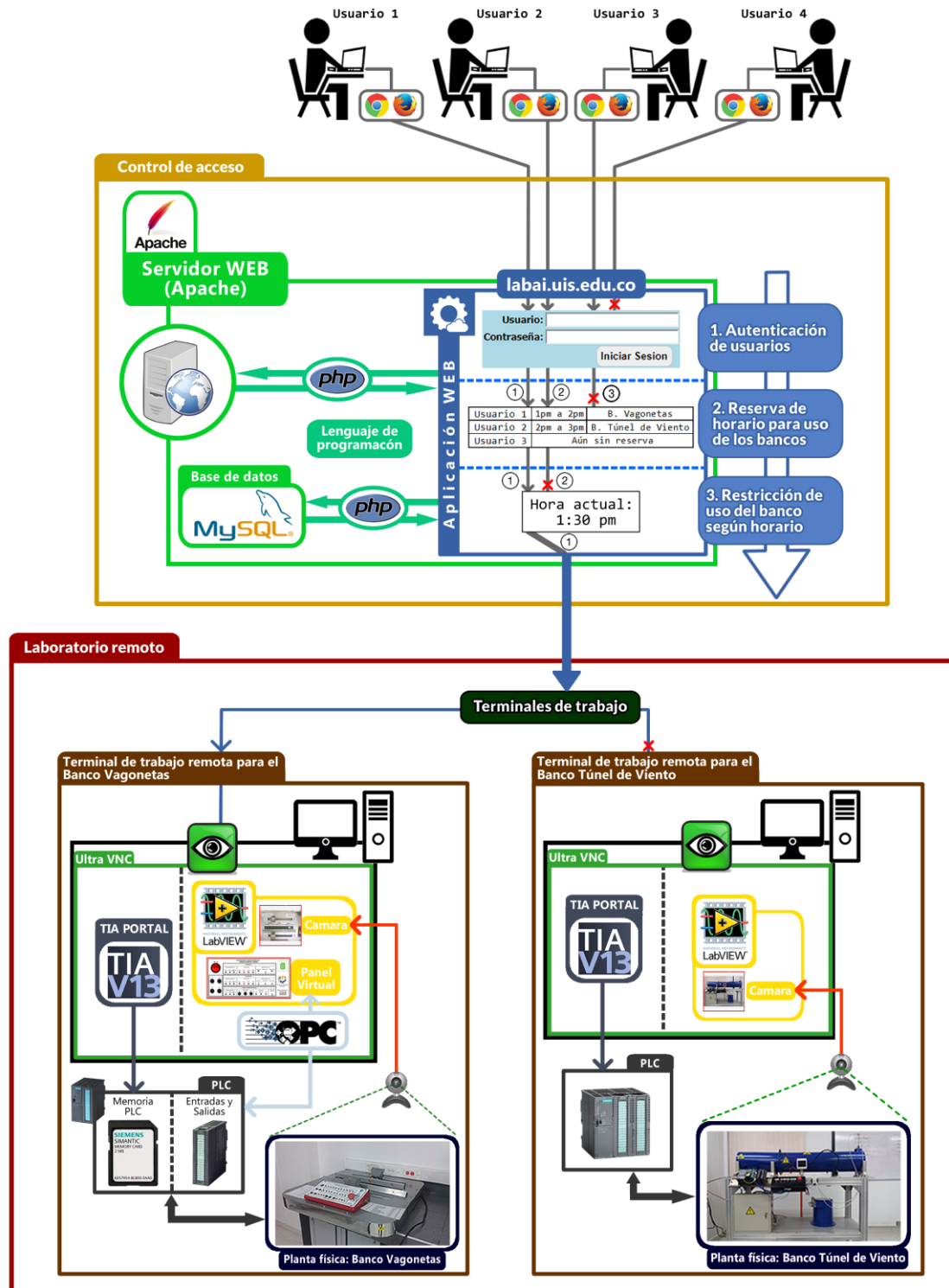
Para asegurar la integridad de la terminal, es pertinente el desarrollo de una aplicación que controle el acceso de los usuarios, pues el uso de una dirección de internet (IP pública) asignada al computador servidor VNC no limita la cantidad de usuarios que pueden ingresar. La arquitectura que se plantea (ver figura 5) incluye el desarrollo y la implementación de una aplicación WEB accesible por los usuarios vía internet, que limita la cantidad de usuarios (1 a la vez) que pueden ingresar al laboratorio remoto.

Figura 5. Arquitectura de un laboratorio remoto que incluye un control de acceso para los usuarios.



Según el concepto planteado anteriormente, se desarrolló un laboratorio remoto (ver Figura 6) cuyo componente Hardware lo integran 2 Bancos de trabajo (plantas físicas del laboratorio) con la capacidad de emular/simular procesos de automatización industrial, cada uno conectado a un controlador lógico programable encargado del manejo de las señales eléctricas necesarias para la actuación de los elementos físicos de cada banco, que a su vez se encuentran conectados cada uno a un computador que cuenta con las aplicaciones necesarias para la administración de las comunicaciones que permiten la teleoperación de cada banco de trabajo junto con la retroalimentación visual de los procesos realizada por medio de Webcams adaptadas tanto a los bancos como a los computadores; En conjunto, todos los elementos mencionados anteriormente conforman lo que se conoce como *terminal remota de trabajo*. Por último, el sistema es complementado por un tercer computador que hace las veces de servidor WEB y que al igual que los computadores conectados a cada uno de los Bancos de trabajo, cuenta con todo el paquete software que permite la ejecución de un aplicativo desarrollado en el proyecto para la administración de todo el laboratorio remoto.

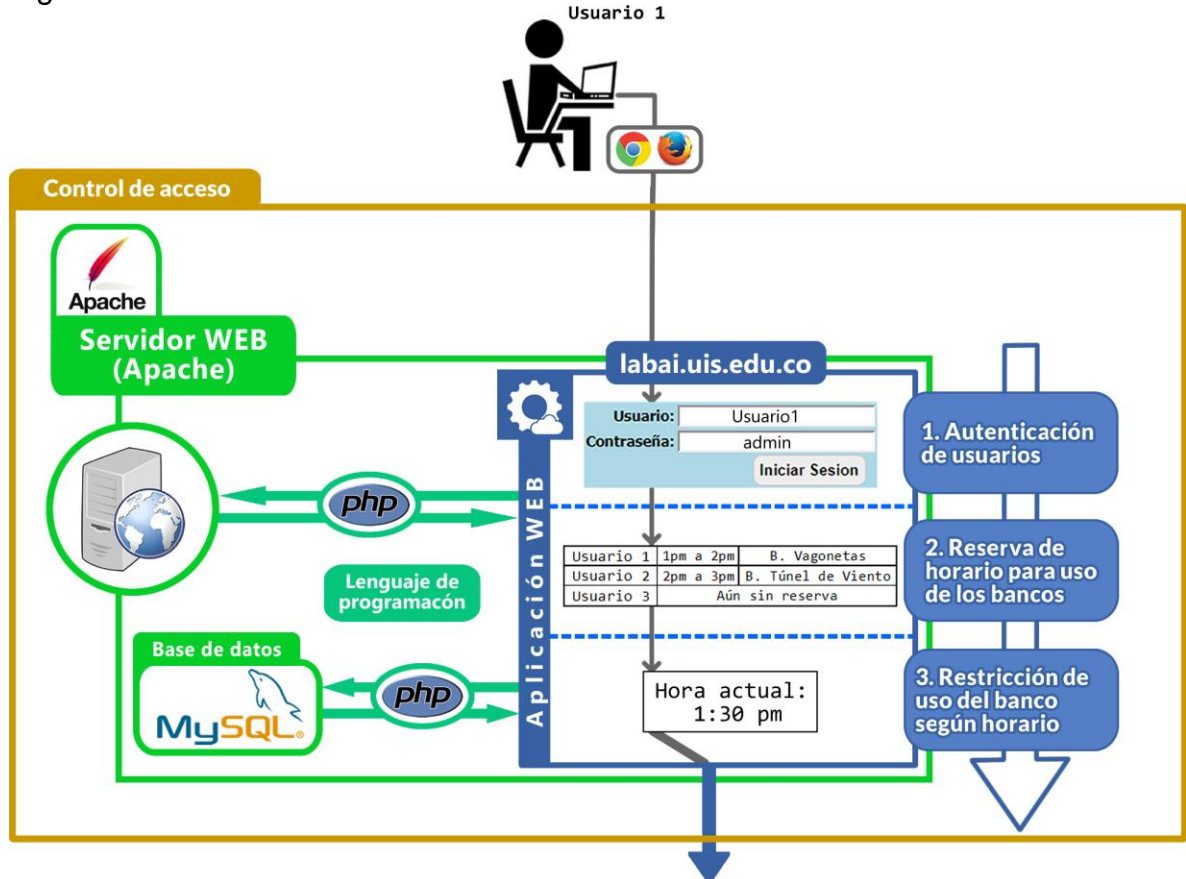
Figura 6. Esquema explicativo del laboratorio remoto diseñado.



En cuanto al componente Software del laboratorio remoto, este se encuentra distribuido en los 3 computadores mencionados en la descripción del componente hardware, dentro de este paquete de software se incluye el ULTRAVNC Server cuya función principal es la de convertir en un servidor de comunicación VNC a cada uno de los computadores conectados a los Bancos de trabajo de modo que estos sean accesibles y teleoperables por los clientes, que para el caso en cuestión, son los usuarios del laboratorio remoto; Adicionalmente, dentro de estos computadores se dispone del TIA PORTAL para la programación, compilación y carga de los automatismos lógicos hechos por los usuarios en los PLC de cada banco, junto con un paquete de software ofrecido por *National Instruments* que incluye la herramienta de desarrollo y monitoreo de sistemas de control LABVIEW requerida para la creación de los paneles virtuales incluidos en la interfaz HMI de cada terminal remota de trabajo que permiten tanto la operación de los bancos como la visualización de la retroalimentación de los procesos que en estos se desarrollan, junto con un servidor OPC necesario para la comunicación entre los paneles y los PLC, cuya función se centra en la actualización de los estados de las marcas ligadas a los botones de los paneles virtuales y que reemplazan a las señales de entrada que en otras configuraciones, provendrían directamente de los paneles de control físicos de cada Banco. Tal y como se mencionó, todo el paquete de software descrito hace parte de los computadores de las terminales de trabajo; Por su parte el control de acceso de los usuarios a las terminales de trabajo, regulado por una Aplicación WEB desarrollada para la administración del laboratorio remoto, requirió de la instalación de paquetes de software específicos para el manejo de páginas web y bases de datos en el computador dispuesto para este fin, dentro de estos se incluye el Servidor Apache que convierte al computador en un servidor WEB, la herramienta software para la administración de bases de datos MYSQL y el paquete de lenguaje PHP necesario para la codificación y el manejo de las funciones de MYSQL dentro del código fuente de la aplicación web.

## 2.1 CONTROL DE ACCESO AL LABORATORIO REMOTO

Figura 7. Control de acceso al laboratorio remoto.

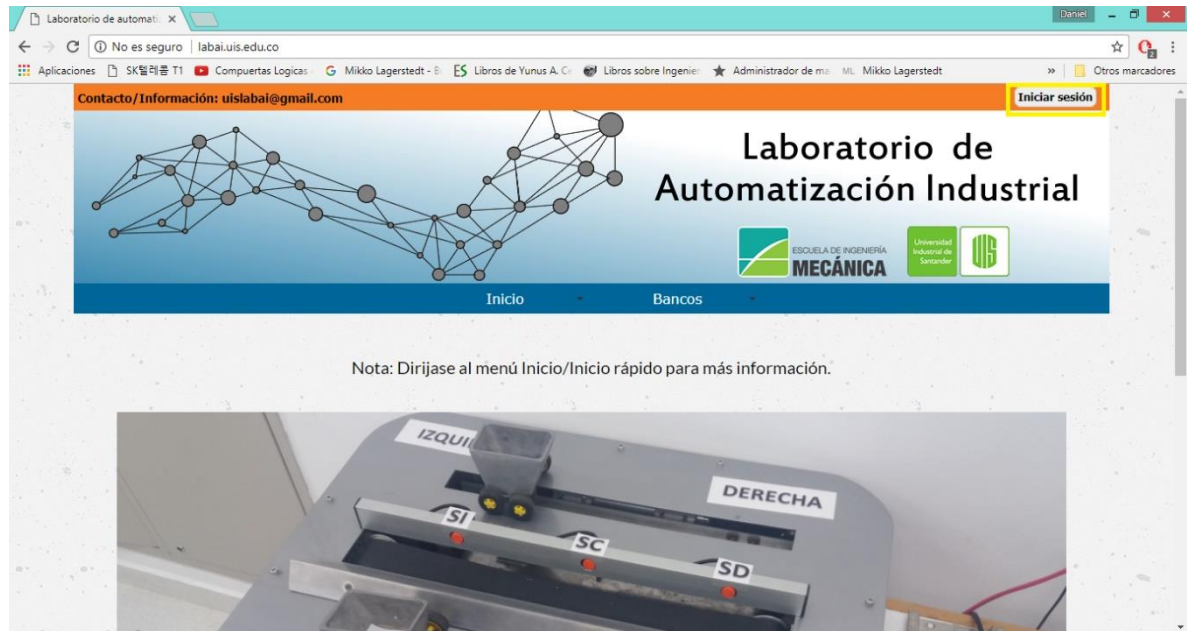


El acceso de los usuarios al laboratorio remoto es regulado por la aplicación WEB, a la que se accede a través de la dirección `labai.uis.edu.co` por medio de un navegador web. El ingreso a la aplicación por parte de un usuario requiere de una inscripción previa de este por parte del administrador de la aplicación WEB, quien hace su respectivo registro y le asigna un nombre de usuario y una contraseña.

Una vez que el usuario ha sido registrado, este tiene la posibilidad de iniciar su sesión digitando sus datos en el formulario de ingreso que se encuentra en la

página de inicio (ver figura 8). La aplicación se encarga de la autenticación y validación de los datos, redirigiendo al usuario a la página principal en el caso de que estos sean correctos.

Figura 8. Página de inicio de la aplicación WEB.

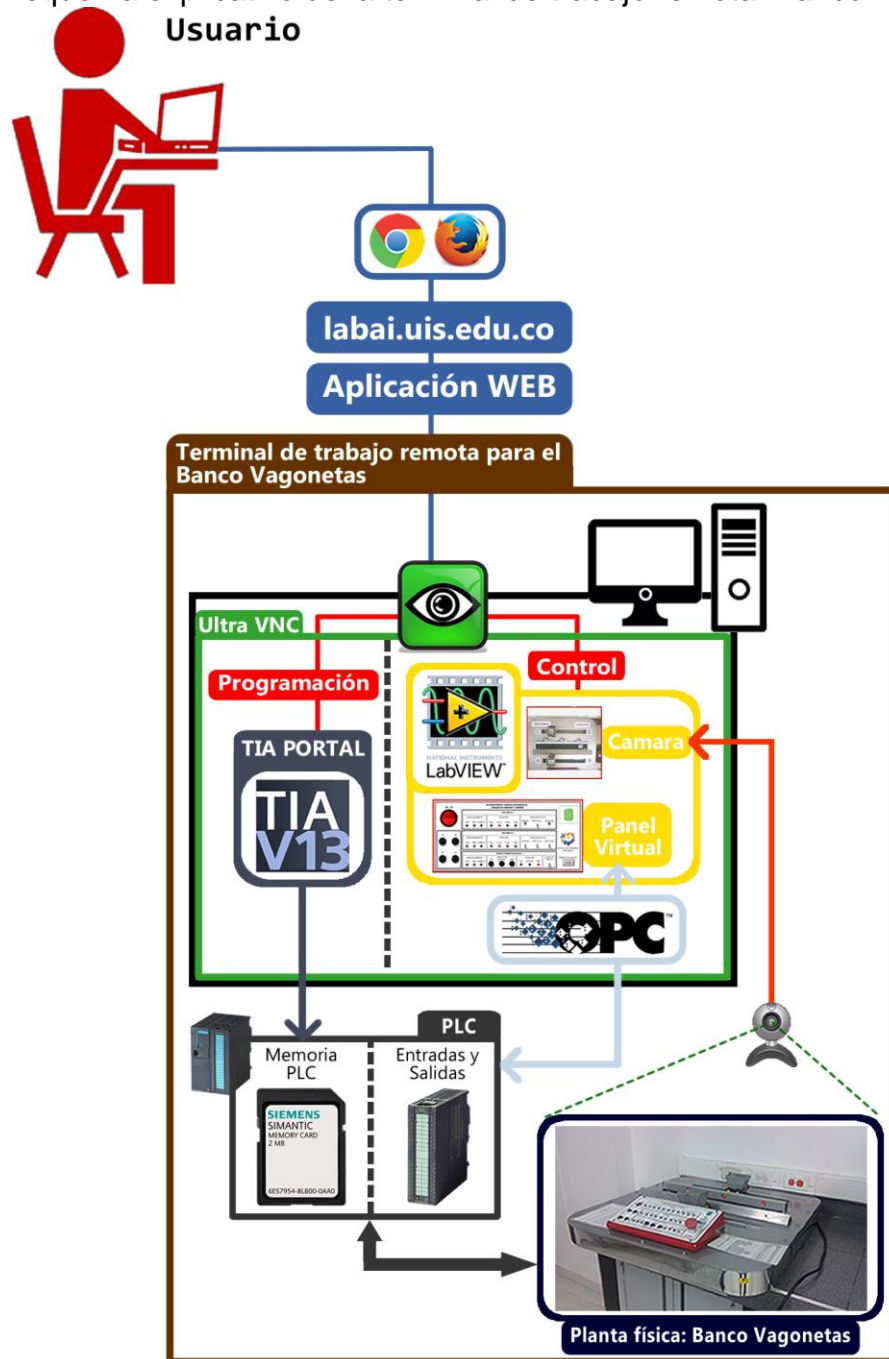


Dentro de la aplicación el usuario tiene la posibilidad de reservar su horario de trabajo, el cual podrá ser distribuido en un máximo de 4 turnos por semana de 1 hora cada uno; Se aclara que en cada turno solo se puede hacer uso de una de las dos terminales de trabajo remotas.

Ya hecha la reserva por parte del usuario, la aplicación se encargara de dar acceso a la terminal seleccionada, en el momento en que la fecha y la hora del turno coincidan con la fecha y hora exacta del momento del ingreso, extraída directamente de internet.

## 2.2 TERMINAL DE TRABAJO REMOTA: BANCO VAGONETAS

Figura 9. Esquema explicativo de la terminal de trabajo remota: Banco Vagonetas

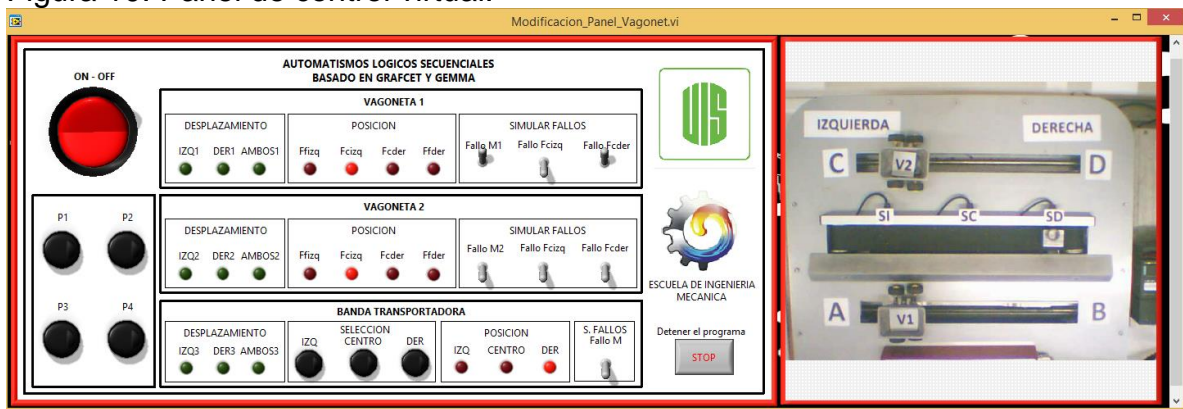


Siguiendo la estructura establecida en la figura 9, el componente Hardware de una terminal remota está integrado por un computador, un PLC y una Planta física o Banco de trabajo. La comunicación entre cada uno de estos elementos, inicia una vez que el usuario accede a la terminal por medio de la aplicación WEB, en este punto el usuario será un cliente dentro del esquema de comunicaciones VNC existente entre el servidor WEB (donde se almacena la Aplicación WEB) y el computador de la terminal remota, el cual da continuidad al proceso por medio de una conexión Ethernet dispuesta entre el computador y el PLC, que permite, la carga de los automatismos lógicos desarrollados por el usuario en la memoria interna del PLC. Por su parte, el PLC mediante el módulo de entradas y salidas digitales, se comunica con el Banco de trabajo usando señales de 24 VDC necesarias tanto para la lectura de los estados de los procesos como para la actuación de los elementos físicos con que cuenta el banco. Por último, toda la comunicación se complementa con una Webcam conectada al computador vía USB encargada de la retroalimentación visual de los procesos que se ejecutan en el Banco de trabajo.

En cuanto al componente Software del laboratorio remoto, este se encuentra almacenado en su totalidad dentro del computador de la terminal y tiene como función principal permitir el acoplamiento de todos los elementos que integran el componente Hardware del mismo. Dentro de este componente se incluye el software ULTRAVNC Server, instalado en el computador con el fin de que este opere como un servidor de comunicación de tipo VNC, de forma que acepte las solicitudes de comunicación enviadas por el servidor WEB cada que un usuario ingrese a la terminal de trabajo, el uso de este protocolo permite que el usuario tome el control del computador, otorgándole a este acceso a los demás paquetes de software de la terminal, en los que se incluyen el TIA PORTAL y el Panel de control VIRTUAL elaborado en LABVIEW. Cuando el usuario se encuentra en la terminal, tiene la posibilidad de desarrollar, compilar y cargar automatismos lógicos en el PLC a través del TIA PORTAL, herramienta que incluye el entorno de

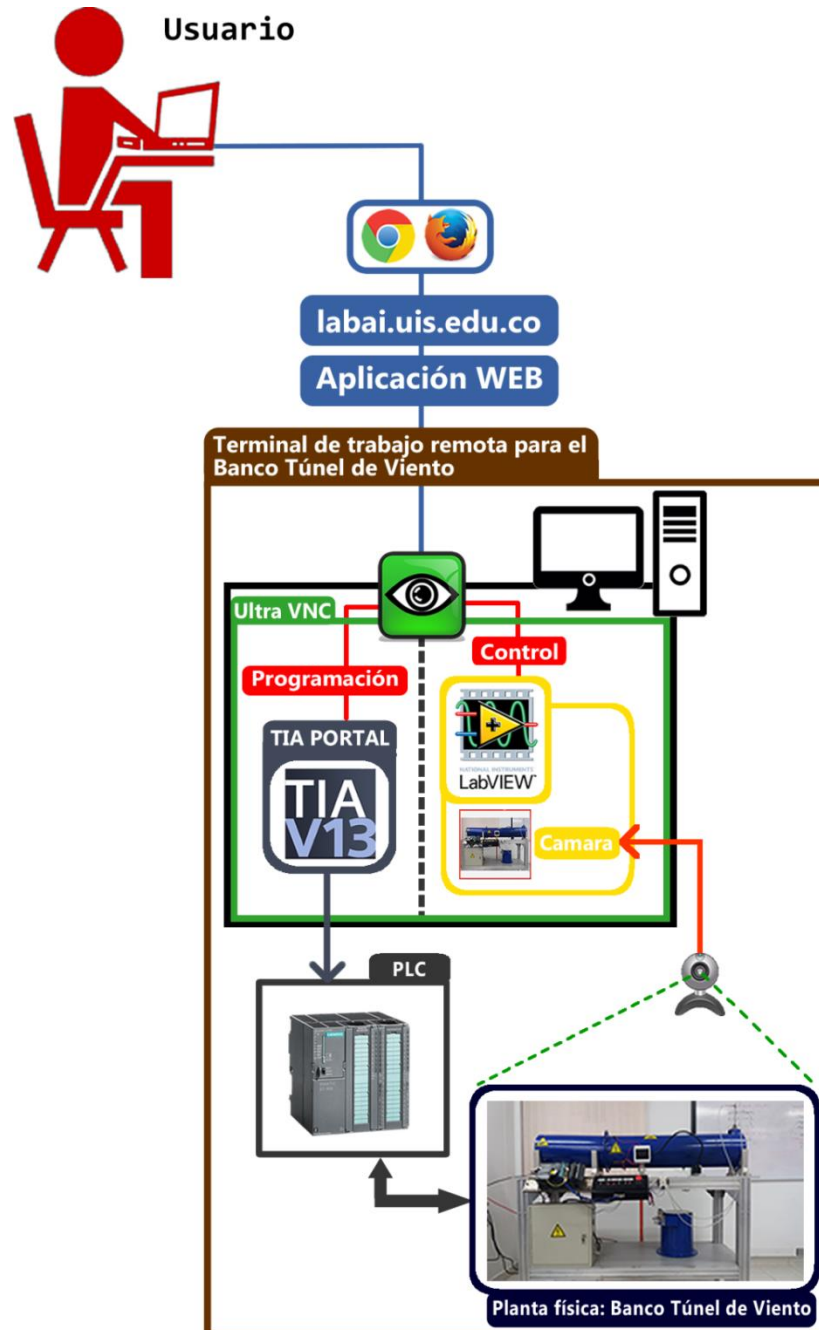
desarrollo integrado (IDE por sus siglas en inglés) necesario para la programación de las funciones de los PLC y para la administración de los protocolos de comunicación con que operan estos elementos. Adicionalmente, el usuario tiene a su disposición una "Interfaz Hombre maquina" (HMI por sus siglas en inglés) a la que se hace referencia con el nombre de "Panel de control VIRTUAL" que incluye una serie de botones e indicadores necesarios para el control del banco junto con un espacio que proyecta la imagen en tiempo real del banco, retroalimentada por medio de la Webcam (ver figura 10); El funcionamiento de este elemento, se basa en el uso de marcas como reemplazo de las señales de entrada que normalmente provendrían del panel de control FISICO del banco, para esto se usa un Servidor OPC que se comunica con el PLC a través de una conexión Ethernet entre él y el computador, y está a cargo de la actualización en tiempo real de los estados de las marcas asignadas a cada botón del panel virtual, en el PLC; las funciones que desempeñan el Panel Virtual junto con el Servidor OPC se soportan en el Software LABVIEW, que en primera medida fue necesario para el desarrollo del HMI (Panel Virtual), luego para su ejecución, y por ultimo para la asignación de las marcas a cada uno de los botones con que cuenta el HMI.

Figura 10. Panel de control virtual.



## 2.3 TERMINAL DE TRABAJO REMOTA: BANCO TÚNEL DE VIENTO

Figura 11. Esquema explicativo de la terminal de trabajo remota: Banco Túnel de Viento

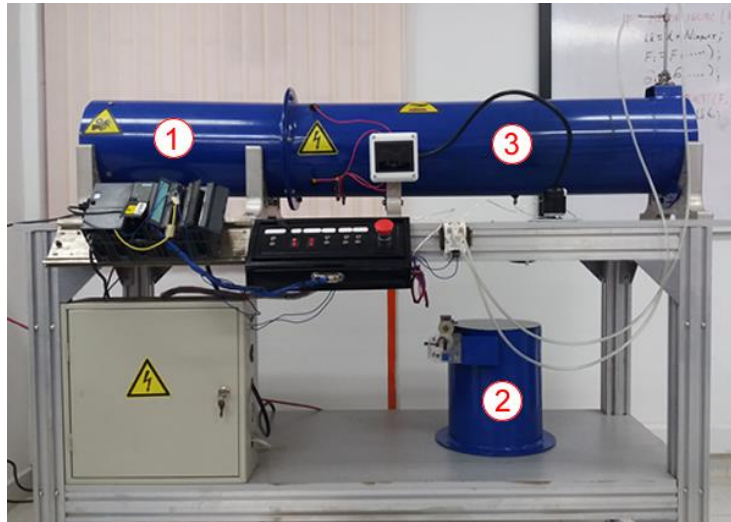


Al igual que en la terminal de trabajo del Banco de Vagonetas, la arquitectura hardware de la terminal de trabajo del Túnel de Viento está integrada por un computador, un PLC y un Banco de trabajo, sin embargo, se diferencian tanto en el tipo de Banco de trabajo que para el caso es el Túnel de Viento, como en el modelo del PLC usado, esto debido a que en el banco, además de usar señales de entrada y salida digitales, se manejan también señales de entrada y salida analógicas.

Por otro lado, el componente software de la terminal remota del Túnel de Viento al igual que su semejante, incluye el ULTRAVNC Server con el fin de que el computador opere como un servidor de comunicación VNC y reciba las peticiones de acceso de los usuarios, junto con el TIA PORTAL y LABVIEW, sin embargo el uso de estos componentes es diferente, pues en este caso el control del banco se hace exclusivamente a través del TIA PORTAL, limitando la función del panel de LABVIEW a la transmisión de la imagen en tiempo real del Banco de trabajo, característica que le permite a la terminal prescindir de complementos como el servidor OPC.

Debido a su diseño, resulta conveniente hacer una descripción detallada del banco de trabajo. El Banco Túnel de Viento (ver figura 12) es un objeto de aprendizaje de tipo modular y cuenta con 3 módulos principales, de los cuales dos son intercambiables entre si y el tercero estos es fijo; esta característica permite la realización de dos prácticas de sistemas de control cuasi continuo o muestreado en lazo cerrado.

Figura 12. Planta real Banco Túnel de Viento



**2.3.1 Sistema de control de posición angular (Sistema de control SISO).** Este sistema de control se obtiene al acoplar los módulos fijo (1) y de compuerta metálica (2), el objetivo de este sistema es lograr por medio de un algoritmo de control que la compuerta se mantenga en una posición de referencia establecida, aun si se presentan perturbaciones en la planta durante la ejecución del proceso.

**2.3.2 Sistema de control regulado de velocidad y temperatura (Sistema de control MIMO).** Producto del acople de los módulos fijo (1) y de resistencia eléctrica y censado de presión (3), plantea un sistema de control más complejo, en el que las variables controladas son dependientes entre sí, razón por la cual se deben establecer la relaciones de dependencia entre dichas variables, de modo que los algoritmos de control que se planteen para mantener los valores de dichas variables controladas cerca de las consignas de referencia establecidas, no actúen como un sistema de control descentralizado y produzcan grandes márgenes de error en estado estable.

### 3. DISEÑO DEL CONTROL DE ACCESO Y LABORATORIO REMOTO

#### 3.1 CONTROL DE ACCESO

El control de acceso lo integran, un componente Hardware: Servidor web y un componente Software: Aplicación WEB, que en conjunto administran al ingreso de los usuarios al laboratorio remoto, que se realiza a través de la página WEB [labai.uis.edu.co](http://labai.uis.edu.co).

Según su diseño, el control de acceso deberá ser administrado por una persona, encargada del mantenimiento del componente Hardware y de la constante actualización de todas las aplicaciones que hacen posible el funcionamiento del componente software del mismo.

Para la puesta a punto del servidor WEB se eligió un computador con capacidad para operar con el Sistema Operativo Ubuntu, y a su vez soportara las siguientes aplicaciones:

- Servidor Apache.
- MYSQL.
- Paquete de lenguaje PHP.

Luego de instalar las aplicaciones, se solicitó una dirección de internet (IP pública) que fue enlazada con el servidor para su acceso a través de la WEB. Con el fin de completar la adaptación del servidor WEB, se inició el desarrollo de la aplicación WEB, cuyo código fuente se escribió usando los siguientes lenguajes de programación WEB:

- HTML
- PHP

- JavaScript
- CSS
- MYSQL

El desarrollo del código fuente, requirió de una estructuración previa de la aplicación, en la que se tuvo en cuenta los tipos de usuarios con sus respectivos privilegios, y la organización de las diferentes rutas que componen la página WEB. Dentro de la aplicación, los usuarios se organizaron en 2 categorías principales: Administrador y Usuarios comunes.

- Administrador: Tiene el control total de la aplicación, esto se traduce en que puede agregar, editar y eliminar usuarios comunes de los registros, así como definir la disponibilidad de las terminales de trabajo.
- Usuario común – alumno: Es quien va a hacer uso del laboratorio remoto y solo tiene privilegios de edición sobre sus datos y sobre sus horarios de trabajo, que son de máximo 4 horas por semana.
- Usuario común – profesor: Posee las mismas características que los alumnos, y además tiene bajo su cargo grupos de alumnos que puede administrar, ya sea agregando, editando o eliminando alumnos de estos grupos.

A continuación se presentan las propiedades con que cuenta cada usuario dentro de la aplicación WEB.

Tabla 1. Clasificación y Propiedades de los usuarios de la aplicación.

Propiedades de Usuario	Administrador		Usuario Comun			
			Alumno		Profesor	
Nombre de usuario	¿tiene?		¿tiene?		¿tiene?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Nombres	¿tiene?		¿tiene?		¿tiene?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Apellidos	¿tiene?		¿tiene?		¿tiene?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Codigo	¿tiene?		¿tiene?		¿tiene?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Curso	¿tiene?		¿tiene?		¿tiene?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Correo	¿tiene?		¿tiene?		¿tiene?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO

Se debe aclarar que el significado de la propiedad CURSO, varía dependiendo de si se habla de un alumno o un profesor. Para el alumno, la propiedad curso indica el grupo (curso) al que pertenece, en cambio para el Profesor esta propiedad indica los grupos (cursos) que tiene a su cargo.

La aplicación se estructuro de forma que existiera una sección de bienvenida para los usuarios, que para el caso es la página de inicio de la aplicación mostrada al acceder a [labai.uis.edu.co](http://labai.uis.edu.co), esta sección incluye un menú de inicio de sesión diseñado para la autenticación de los usuarios por medio de un nombre de usuario y una contraseña, y una serie de menús con información sobre los bancos de las terminales remotas y el funcionamiento de la aplicación web.

Figura 13. Página de inicio de la aplicación WEB.




Nota: Dirijase al menú Inicio/Inicio rápido para más información.

Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Desarrollado por: Juan David Duran T./Daniel Camilo Prada V.

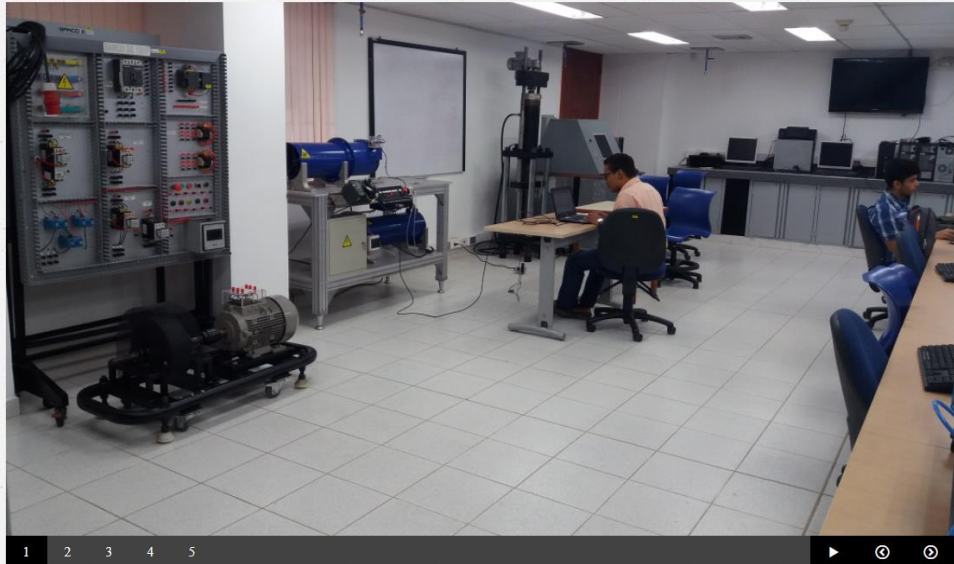
Una autenticación exitosa por parte de un usuario común, lo redirige de forma inmediata a lo que se definió como página principal, donde dispone de una serie de menús que, proporcionan información más detallada sobre los bancos de trabajo, despliegan el formato para la reserva de horarios de trabajo, permiten la visualización de todos los horarios reservados por todos los usuarios de la aplicación, dan acceso a las terminales de trabajo y además, presentan un último

menú que permite la edición de las propiedades de usuario, dentro de las cuales se incluye la contraseña de usuario.

Figura 14. Página principal de la aplicación WEB.



Nota: Si la primera vez que entra a la aplicación, dirijase al menú Inicio/Inicio rápido para más información.

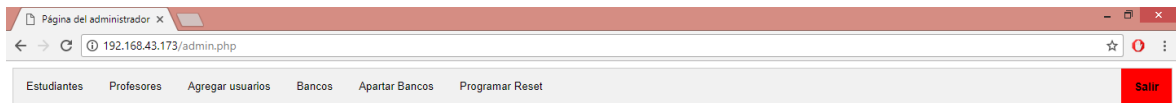


Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Desarrollado por: Juan David Duran T./Daniel Camilo Prada V.

Por otro lado, se definió que el ingreso del usuario administrador debe redirigirlo a una página principal especial para la administración de la aplicación, que le ofrezca a este: un entorno en el que puede ver a todos los usuarios registrados en

la aplicación en donde tiene la opción de clasificarlos según el rol que tienen dentro de esta (Alumnos y Profesores), la opción de agregar nuevos usuarios junto con un menú para la programación de la disponibilidad de los bancos, que se define para periodos de una semana con días de trabajo de hasta 24 horas. Adicionalmente, se incluyó la función que le permite al administrador apartar las terminales remotas para el uso exclusivo de un profesor junto con sus alumnos (agrupados en sus respectivos cursos), y se añadió una función "reset" que se ejecuta justo antes de finalizar cada semana de trabajo y se desarrolló exclusivamente para: la actualización semanal de las fechas exactas que conforman la semana de trabajo, la reserva de las terminales de trabajo por parte de los profesores para la semana posterior a la semana de trabajo actual, y el borrado de todas las reservas realizadas en la semana previa a la ejecución del "reset", de modo que reinicie el horario de trabajo de la semana, para todos los usuarios.

Figura 15. Página del administrador de la aplicación WEB.



Por razones de seguridad, se programaron algunas funciones adicionales en la aplicación web. Estas son:

- Función que limita el número de intentos de autenticación: cada usuario tendrá hasta 5 oportunidades para ingresar los datos correctamente en el formulario de inicio de sesión. Al superar este límite, deberá esperar 10 minutos antes de tener una nueva oportunidad para la autenticación de usuario en la aplicación WEB.

- Función que limita el número de caracteres en los campos de texto: con el fin de evitar ataques por inclusión de código malicioso, se limitó la cantidad de caracteres que pueden ser ingresados en todos los campos de texto de la aplicación web.
- Función para el cambio de contraseña: Característica añadida como un apoyo a la protección de la privacidad de cada usuario, incluye un límite de caracteres y una función de encriptación que impide el conocimiento de esta propiedad por parte del administrador de la aplicación WEB.

En cuanto al uso de las terminales de trabajo por parte de los usuarios, se desarrolló un entorno de trabajo que incluye al cliente de comunicaciones Flashlight VNC dentro de la aplicación WEB y que habilita al usuario a realizar la teleoperación de las terminales de trabajo. La elección de este cliente VNC se hizo teniendo en cuenta que fue desarrollado en lenguaje Flash y que actualmente los navegadores web permiten su uso. Adicionalmente se incluyó un contador de tiempo restante, mostrado a la derecha de la página web, encargado de la proyección del tiempo restante del turno de trabajo y que genera un aviso de advertencia de cierre, justo cuando faltan 5 minutos para acabar la sesión de trabajo.

### **3.2 LABORATORIO REMOTO**

De forma similar a la que se diseñó el control de acceso, el diseño del laboratorio remoto inicio con la selección de un computador que cumpliera con unas características mínimas de rendimiento, necesarias para la ejecución las aplicaciones instaladas en los computadores de cada terminal.

El primer paso en el diseño del laboratorio remoto, requirió la adaptación en el funcionamiento del computador para que hiciera las veces de servidor VNC, para esto se instaló el Software ULTRAVNC Server, el cual se configuro para permanecer siempre activo en el computador.

Seguido de esto, fue necesario solicitar dos nuevas direcciones de internet (IP pública), una para cada computador (convertido en servidor VNC) de las terminales de trabajo remotas, de modo que estos fueran accesibles desde lugares ajenos a la red del laboratorio de automatización industrial, solicitud que fue acompañada con la apertura de dos puertos de comunicación TCP: Puerto TCP 5900 y Puerto TCP 1234, necesarios para la conexión desde el cliente Flashlight VNC hasta los computadores de las terminales de trabajo.

En esta fase del diseño, el objetivo se centró en la interacción remota del usuario con los bancos de trabajo, que incluye la definición de los protocolos de comunicación usados entre los computadores de las terminales remotas con los PLC de cada uno de los Bancos de trabajo y el desarrollo de los HMI virtuales que se ejecutaran en cada computador.

Partiendo de esto, se definió que en la terminal remota del Banco de Vagonetas, la comunicación computador/PLC seria realizada via Ethernet, aprovechando que el modelo de la CPU del banco de esta terminal permite el uso de este tipo de conexión, y que en el computador de la terminal se realizó la adaptación de una segunda tarjeta de red en su componente Hardware. En cuanto a la terminal remota del Banco Túnel de Viento, la comunicación con el PLC se hace a través de un cable MPI.

El desarrollo de los HMI virtuales, requirió para el caso de la terminal remota del Banco de Vagonetas la virtualización del panel de control Físico con que cuenta la planta física, realizada mediante el Software Labview cuyo funcionamiento fue

complementado con la adición de un servidor OPC necesario para la comunicación entre el panel desarrollado y el PLC, que incluye la función de actualización de los estados de las marcas asignadas a los botones virtuales del panel virtual en el PLC conectado al banco de trabajo, en la terminal remota. Por su parte la terminal remota del Túnel de viento no requirió de la virtualización de un panel de trabajo, pues toda la manipulación del banco puede ser realizada a través del TIA PORTAL.

La configuración del servidor OPC requirió de la elaboración de una lista completa de todas las variables usadas en el proceso de control del banco, junto con la adición de marcas necesarias para la virtualización de las señales de entradas y los que normalmente vendrían del panel de control Físico del banco de trabajo junto con las señales de los indicadores luminosos del panel.

Para la retroalimentación de los procesos se adiciono una Webcam al componente hardware de cada una de las terminales de trabajo remotas, cuya imagen se proyecta en la pantalla de cada computador, junto a los HMI virtuales.

#### 4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB

La aplicación web (ver anexo C) tiene una página de inicio (ver figura 16), que cuenta con 1 botón de inicio de sesión y 2 menús desplegables. El botón de inicio de sesión contiene un formulario de usuario y contraseña, que se despliega con la acción de un *click* y permite el acceso a la aplicación web si y solo si los datos suministrados por el usuario son válidos. En cuanto a los menús, el primero de estos lleva por nombre Inicio y muestra un *slide* con fotos del Laboratorio de Automatización Industrial, siendo esto lo primero que vera el usuario al entrar a la aplicación, adicionalmente cuenta con un sub-menú llamado Inicio rápido, en el que se muestra un video introductorio sobre la aplicación y sus respectivas funciones. El segundo menú llamado Bancos (ver figura 17), cuenta con dos sub-menús cuyos nombres hacen referencia a los bancos de prácticas que fueron adecuados para funcionar en el laboratorio remoto y almacenan información relevante sobre dichos objetos (ver figuras 18 y 19), en este caso se le asignaron los nombres Banco Vagonetas y Banco Túnel de Viento.

Figura 16. Página inicial de la aplicación web.

Nota: Dirijase al menú Inicio/Inicio rápido para más información.

Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Desarrollado por: Juan David Durán T./Daniel Camilo Prada V.

Figura 17. Contenido del menú Bancos.

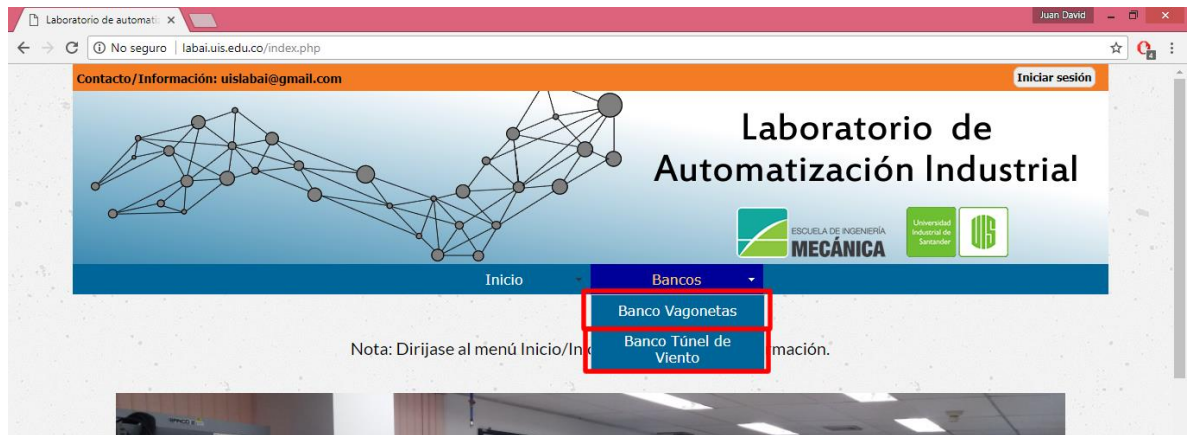


Figura 18. Contenido del sub-menú Banco Vagonetas.

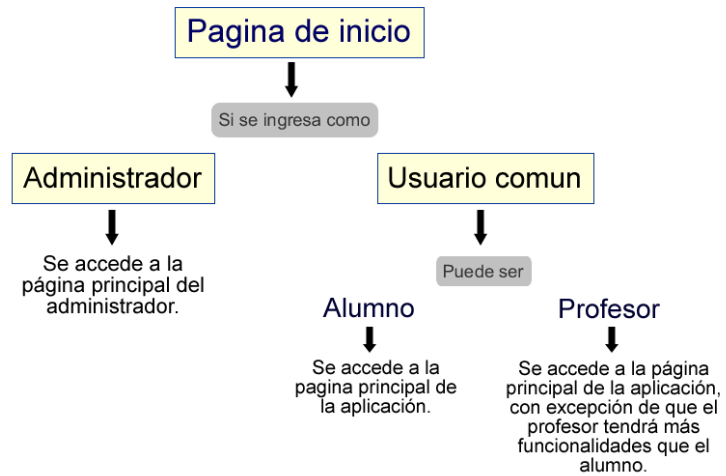


Figura 19. Contenido del sub-menú Banco Túnel de Viento.



Dentro de la aplicación, los usuarios pueden ser de 3 tipos: administrador, alumno y profesor, donde los dos últimos son incluidos dentro de la categoría de usuario común. Dependiendo del tipo de usuario, se asignan los derechos correspondientes dentro de la aplicación web, donde el administrador es el usuario con más derechos dentro de la plataforma, pues es este quien tiene la posibilidad de administrar a los usuarios tipo alumno y profesor incluidos en la categoría de usuarios comunes, tal y como se había mencionado. A continuación (ver figura 20) se presenta el esquema de clasificación de los usuarios dentro de la aplicación web.

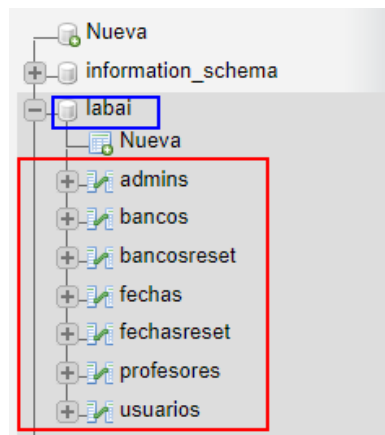
Figura 20. Esquema administración de usuarios de la aplicación web.



#### 4.1 BASE DE DATOS

Para la completa funcionalidad y puesta en servicio de la aplicación, esta accede a la base de datos mostrada a continuación que contiene toda la información que posee la página.

Figura 21. Base de datos de la aplicación web.



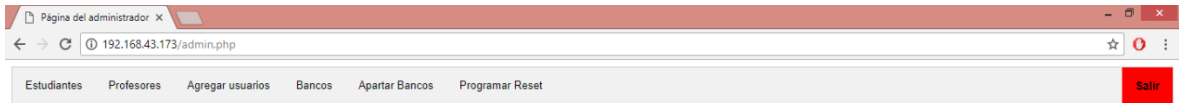
En la figura 21 se muestra la base de datos (encerrada en el recuadro azul) que contiene toda la información de la aplicación web y de sus usuarios; Adicionalmente, se muestran todas las tablas (dentro del recuadro rojo) en las que se ha distribuido dicha información.

- admins: Guarda los datos del usuario administrador (Usuario y Contraseña).
- bancos: Almacena los datos que definen la disponibilidad de las terminales de trabajo remotas en la semana que sucede a la actual.
- bancosreset: Almacena los datos que definen la disponibilidad de las terminales remotas de trabajo para la siguiente semana de trabajo.
- fechas: guarda las fechas exactas de los días de la semana en curso.
- fechasreset: guarda las fechas exactas de los días la semana que sucede a la actual.
- profesores: Guarda los datos correspondientes a los cursos a cargo de los usuarios de tipo Profesor.
- usuarios: Almacena la lista de todos los usuarios que pueden acceder a la aplicación web, junto con sus datos correspondientes.

## **4.2 ADMINISTRADOR**

El administrador es quien controla las funciones principales de la aplicación, dentro de estas se incluyen la administración de las terminales, de su disponibilidad y el control de los demás usuarios de la plataforma. El ingreso de este, al igual que para los demás usuarios es regulado por el formulario de usuario y contraseña, luego una vez que ingrese estos datos en la página inicial, serán verificados para su posterior re direccionamiento hacia la Página del Administrador.

Figura 22. Página del Administrador.



Tal y como se ve en la figura 22, el administrador en su página principal cuenta con 6 menús dispuestos de forma modular, que permiten el control de las diferentes características de la aplicación web, junto con la administración de todos los usuarios inscritos en la plataforma. A continuación se presentara con mayor detalle cada uno de los menús con que cuenta la Página del Administrador, y su relación con el funcionamiento de la parte operativa del laboratorio remoto.

**4.2.1 Menú: Estudiantes.** Al seleccionar el menú de Estudiantes (ver figura 23), se mostrara un botón que permite al administrador acceder al listado de todos los estudiantes inscritos en la plataforma junto con sus respectivos datos, para esto, la aplicación se encarga de re direccionarlo hacia una nueva pestaña (ver figura 24) en la que se muestra en forma de tabla toda la información mencionada anteriormente, una vez que el administrador haga *click* sobre dicho botón; Debido a los privilegios que posee el administrador sobre la aplicación, este tiene la posibilidad de agregar, editar y eliminar bien sea los datos de los usuarios, o incluso a un usuario en particular.

Figura 23. Pestaña estudiantes de la página del administrador.

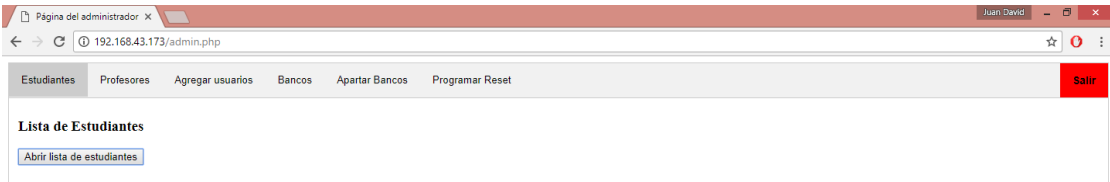


Figura 24. Lista de usuarios alumnos de la aplicación web.

The screenshot shows a table with a search filter at the top. The table has the following columns: 'Usuario', 'Curso', 'Nombres', 'Apellidos', 'Codigo', 'Correo', 'Horas Permitidas', 'Editar', and 'Borrar'. The 'Editar' and 'Borrar' columns contain icons for editing and deleting, respectively. The first row of data is highlighted with a red box around the 'Editar' and 'Borrar' icons.

Usuario	Curso	Nombres	Apellidos	Codigo	Correo	Horas Permitidas	Editar	Borrar
Juan	LABAI J1	Juan David	Duran Tristacho	2120482	juanddt95@hotmail.com	4		
Daniel	LABAI J2	Daniel Camilo	Prada Villamizar	2121507	daniel_k_283@hotmail.com	2		
Miguel	LABAI J2	Miguel Angel	Gomez Gordillo	213234	gordillo@hotmail.com	4		
Manuel	LABAI J1	Manuel Alberto	Quiñones Fernandez	12345	manuel@hotmail.com	2		

La edición de los datos personales de cualquier alumno puede ser realizada por el administrador, mediante un acceso proporcionado por los iconos encerrados dentro del recuadro rojo, situados en la columna 'Editar' de la tabla de estudiantes mostrada en la figura 25. En caso de que el administrador seleccione esta opción por medio de *click*, este será re direccionado a una nueva página llamada **adminactualiza.php** en la que tendrá la posibilidad de editar cualquiera de los datos que componen la información personal de un usuario, información que está dispuesta a modo de formulario y es actualizada por el accionamiento del botón 'guardar' ubicado al final de esta página.

Figura 25. Página de edición de los usuarios alumnos.

Página del administrador x 192.168.43.173/adminctu x

No seguro | 192.168.43.173/adminactualiza.php

## Administración de usuarios registrados

---

### Edición de usuarios

Usuario  
Juan

Contraseña

Curso  
LABAI J1

Nombres  
Juan David

Apellidos  
Duran Trisancho

Codigo  
2120482

Correo  
juanddt95@hotmail.com

Horas Permitidas  
4

Guardar

**4.2.2 Menú: Profesores.** La selección del menú de Profesores (ver figura 26) despliega una lista con todos los usuarios del tipo 'profesor', que contiene toda la información relevante para la definición de cada uno de estos usuarios dentro de la plataforma. Al igual que con los usuarios tipo 'alumno' es posible editar la información de cada uno de los usuarios de la lista, la cual incluye los cursos que estos tienen a su cargo; según los privilegios que posee el administrador dentro de la aplicación web, este puede eliminar a un usuario de tipo profesor de la plataforma, haciendo *click* sobre el icono correspondiente, ubicado en la columna borrar de la lista mostrada en la figura 11.

Para la edición de la información de estos usuarios, el administrador es re direccionado a la página **adminprofesor.php** (ver figura 27) en la cual encuentra toda la información del usuario dispuesta dentro de un formulario que incluye tanto la información personal del perfil como la de los cursos que este tiene a su cargo, esta información se actualiza con la selección del botón guardar, ubicado al final de la página mencionada.

Figura 26. Pestaña Profesores de la página del administrador.

The screenshot displays the 'Profesores' tab in an administrator interface. At the top, there are navigation tabs: 'Estudiantes', 'Profesores', 'Agregar usuarios', 'Bancos', 'Apartar Bancos', and 'Programar Reset'. A red 'Salir' button is located in the top right corner. Below the tabs is a search bar labeled 'Lista de Profesores' with the placeholder text 'Search for names...'. The main content area contains two tables, one for each professor.

**Jorge Enrique Meneses Florez**

Usuario	Codigo	Correo	Horas permitidas	Editar	Borrar
Meneses	1234	jmeneses@uis.edu.co	4		
<b>Curso 1</b>	<b>Curso 2</b>	<b>Curso 3</b>	<b>Curso 4</b>	<b>Curso 5</b>	
LABAI J1	A3				

**David Uribe**

Usuario	Codigo	Correo	Horas permitidas	Editar	Borrar
David	3421	david@hotmail.com	4		
<b>Curso 1</b>	<b>Curso 2</b>	<b>Curso 3</b>	<b>Curso 4</b>	<b>Curso 5</b>	
LABAI J4					

Figura 27. Página de edición de los usuarios profesor.

192.168.43.173/adminap x

No seguro | 192.168.43.173/adminaprofesor.php

## Administración de usuarios registrados

---

### Edición de usuarios

Usuario  
Meneses

Contraseña

Curso 1  
LABAI J1

Curso 2  
A3

Curso 3

Curso 4

Curso 5

Nombres  
Jorge Enrique

Apellidos  
Meneses Florez

Código  
1234

Correo  
jmeneses@uis.edu.co

Horas Permitidas  
4

Guardar

**4.2.3 Menú: Agregar usuarios.** El menú desplegado al seleccionar la pestaña Agregar usuarios muestra un formulario con todos los datos necesarios para la definición de un nuevo usuario dentro de la aplicación web por parte del administrador.

Figura 28. Pestaña Agregar usuarios.

Página del administrador x Justo David

No seguro | 192.168.43.173/admin.php

Estudiantes Profesores **Agregar usuarios** Bancos Apartar Bancos Programar Reset **Salir**

**Agregar usuario**

Estudiante  Profesor

**Usuario** Ingresar el usuario

**Contraseña** Ingresar la contraseña

**Curso** Selecciona un curso ▾

**Nombres** Ingresar un nombre

**Apellidos** Ingresar un apellido

**Codigo** Código del estudiante

**Correo** Correo del estudiante

**Horas Permitidas** Cuatro(4) horas máximo

**Registrar Usuario**

**Agregar usuarios seguidos**

**Agregar más usuarios**

La aplicación web, distingue a los usuarios, dependiendo si estos son del tipo 'Alumno' o 'Profesor'. Para agregar a un usuario de tipo profesor, se debe seleccionar la opción 'Profesor' que se muestra resaltada con rojo en la figura 28; Una vez se ha seleccionado esta opción, el formulario tomara la estructura mostrada en la figura 29, dispuesta de esta forma para la adición de los cursos que estarán a cargo del nuevo usuario (en este caso, de tipo Profesor), junto con sus respectivos datos.

Figura 29. Formulario para agregar un usuario profesor.

**Agregar usuario**

Estudiante  Profesor

**Usuario** Ingresar el usuario

**Contraseña** Ingresar la contraseña

**Curso** LABA1 J1

**Nombres** Ingresar un nombre

**Apellidos** Ingresar un apellido

**Codigo** Código del estudiante

**Correo** Correo del estudiante

**Horas Permitidas** Cuatro(4) horas máximo

**Registrar Usuario**

En la figura 30, se muestra el formulario que se debe llenar para agregar a un alumno (usuario tipo: alumno). Tal y como se muestra, es claro que el único cambio se da a la hora de definir el curso, pues todos los usuarios de tipo alumno, deben ser asignados a alguno de los cursos definidos previamente para los usuarios de tipo profesor.

Figura 30. Formulario para agregar un usuario alumno.

**Agregar usuario**

Estudiante  Profesor

**Usuario**

**Contraseña**

**Curso**   
  
LABAI J1  
A3  
LABAI J4

**Nombres**

**Apellidos**

**Codigo**

**Correo**

**Horas Permitidas**

El formulario mostrado anteriormente, fue diseñado para la adición de un usuario a la vez dentro de la aplicación web, pues una vez que se llenen los datos correspondientes y se haga *click* en el botón Registrar Usuario, el administrador será re direccionado a su página principal (Pagina del administrador).

Figura 31. Página para agregar usuarios seguidos.

**Agregar usuario**

Estudiante  Profesor

**Usuario**

**Contraseña**

**Curso**

**Nombres**

**Apellidos**

**Codigo**

**Correo**

**Horas Permitidas**

**4.2.4 Menú: Bancos.** Al dar *click* en la pestaña Bancos, el administrador podrá modificar las horas de acceso a los bancos por día, ya sea para el Banco de Vagonetas o el Banco Túnel de Viento.



El administrador tiene tres alternativas para editar los horarios de uso de los bancos, la primera permite modificar o no los horarios de acceso al día, esto lo hace al quitar el *check* de la opción ¿Hacer cambios este día?.

Figura 33. Alternativa número 1 de la pestaña Bancos.

¿Hacer cambios este día? <input checked="" type="checkbox"/> Lunes <input checked="" type="checkbox"/>			¿Hacer cambios este día? <input type="checkbox"/> Lunes <input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 am a 1:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 am a 2:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 am a 3:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 am a 1:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 am a 2:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 am a 3:00 am
<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 m a 1:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 pm a 2:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 pm a 3:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 m a 1:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 pm a 2:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 pm a 3:00 pm

La segunda permite deshabilitar el banco por un día, esto se hace manteniendo el *check* de ¿Hacer cambios este día? y quitándolo de la opción de cualquiera de los 7 días de la semana.

Figura 34. Alternativa número 2 de la pestaña Bancos.

¿Hacer cambios este día? <input checked="" type="checkbox"/> Lunes <input type="checkbox"/>			¿Hacer cambios este día? <input checked="" type="checkbox"/> Lunes <input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 am a 1:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 am a 2:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 am a 3:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 am a 1:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 am a 2:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 am a 3:00 am
<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 m a 1:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 pm a 2:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 pm a 3:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 m a 1:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 pm a 2:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 pm a 3:00 pm

La tercera alternativa permite deshabilitar por horas los bancos, manteniendo el *check* de ¿Hacer cambios este día? y el del día correspondiente.

Figura 35. Alternativa número 3 de la pestaña Bancos.

¿Hacer cambios este día? <input checked="" type="checkbox"/> Lunes <input checked="" type="checkbox"/>			¿Hacer cambios este día? <input checked="" type="checkbox"/> Lunes <input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 am a 1:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 am a 2:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 am a 3:00 am	<input type="checkbox"/> 12:00 am a 1:00 am	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 am a 2:00 am	<input type="checkbox"/> 2:00 am a 3:00 am
<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 m a 1:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 1:00 pm a 2:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 pm a 3:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 12:00 m a 1:00 pm	<input type="checkbox"/> 1:00 pm a 2:00 pm	<input checked="" type="checkbox"/> 2:00 pm a 3:00 pm

**4.2.5 Menú: Apartar Bancos.** En la pestaña Apartar Bancos (ver figura 36), el administrador puede asignar un banco exclusivamente para el uso de un profesor. Puede asignarle al profesor los días de la semana (de lunes a domingo) que el desee y estén disponibles, por tanto, solamente podrán reservar horario dichos días aquellos alumnos que estén registrados en algún curso que tenga asignado el profesor. Esta función está tanto para el Banco Vagonetas como para el Banco Túnel de viento.

Figura 36. Pestaña Apartar Bancos de la página del administrador.

The screenshot shows the 'Apartar Bancos' page in the administrator interface. The page has a navigation bar with tabs: 'Estudiantes', 'Profesores', 'Agregar usuarios', 'Bancos', 'Apartar Bancos', and 'Programar Reset'. A 'Salir' button is in the top right corner. The main content area is divided into two sections: 'Banco Vagonetas' and 'Banco Túnel de Viento'. Each section has a 'Apartado:' label, a row of tabs for days of the week (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sabado, Domingo), and a list of days with dropdown menus. A 'Apartar' button is located below each list. The browser address bar shows '192.168.43.173/admin.php'.

En la siguiente figura se ve un ejemplo de un profesor apartando el Banco Vagonetas por varios días.

Figura 37. Profesor con días apartados en el Banco Vagonetas.

### **Banco Vagonetas**

**Apartado:**

Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Meses		Meses			Meses	Meses

**4.2.6 Menú: Programar Reset.** En la pestaña Programar Reset (figura 38 y 39), el administrador modificará los horarios de acceso a los bancos y podrá asignar los bancos a los profesores que lo deseen, todo para la siguiente semana. El administrador también es quien asigna las fechas correspondientes a la siguiente semana o puede modificar las de la semana actual. Si sucede alguna eventualidad con los horarios que reservaron los usuarios, el administrador podrá borrar todos al dar *click* en el botón Borrar horarios que se encuentra también en esta pestaña.

Figura 38. Pestaña Programar Reset de la página del administrador I.

Estudiantes Profesores Agregar usuarios Bancos Apartar Bancos **Programar Reset** Salir

**Borrar de horarios reservados**

Borrar horarios

**Modificar fechas actuales de la semana**

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa

Modificar fechas de la semana

**Programar fechas de la próxima semana**

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa

Asignar futuras fechas

**Programar si se requiere apartar el banco vagonetas**

Apartado:

Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo

Apartar

**Programar si se requiere apartar el banco túnel de viento**

Apartado:

Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo

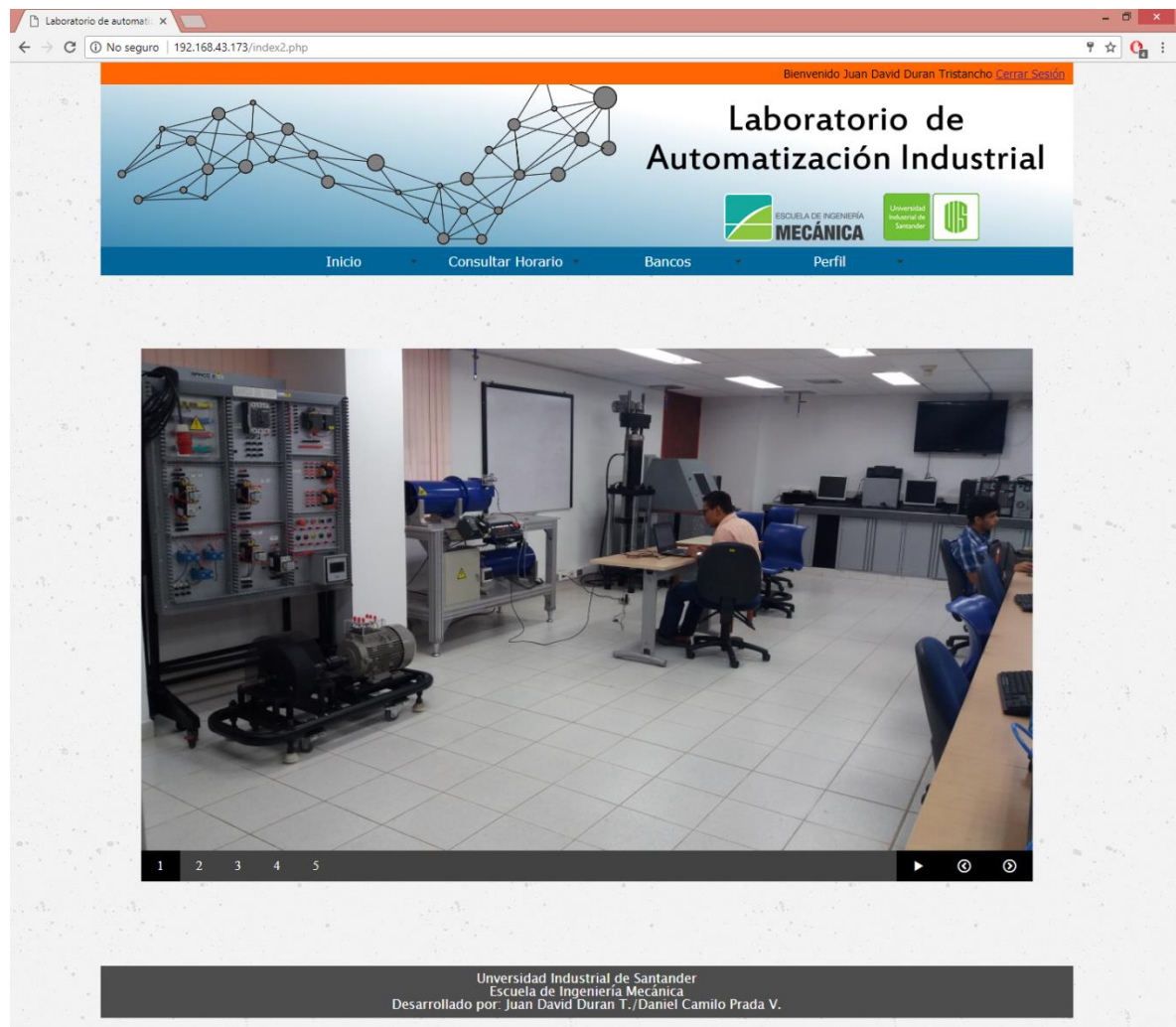
Apartar



### 4.3 USUARIO COMUN: ALUMNO

Al ingresar el usuario y contraseña en la página de inicio, la aplicación distingue si es un alumno o si es un profesor, y re direcciona a la página principal de la aplicación mostrada a continuación:


Figura 40. Página principal de la aplicación.



El menú Inicio es idéntico al de la página de inicio, con el mismo *slide* y el mismo video explicativo del uso de la página.

**4.3.1 Consultar horario.** El menú Consultar horario contiene dos sub-menús llamados Ver horario y Reservar horario. En el sub-menú Ver horarios, se ven las reservas por horas hechas por los usuarios para poder usar los bancos, ya sea el Banco de Vagonetas o el Banco Túnel de Viento.

Figura 41. Horario de las horas reservadas por los alumnos en el Banco Vagonetas.



The screenshot shows a web browser window with the URL 192.168.43.173/index2.php. The page title is 'Automatización Industrial'. The navigation menu includes 'Inicio', 'Consultar Horario', 'Bancos', and 'Perfil'. The 'Consultar Horario' menu is expanded, showing 'Ver horario' and 'Reservar horario'. The 'Bancos' menu is also expanded, showing 'Vagonetas' and 'MIMO'. The main content area displays a reservation schedule for 'Banco Vagonetas'.

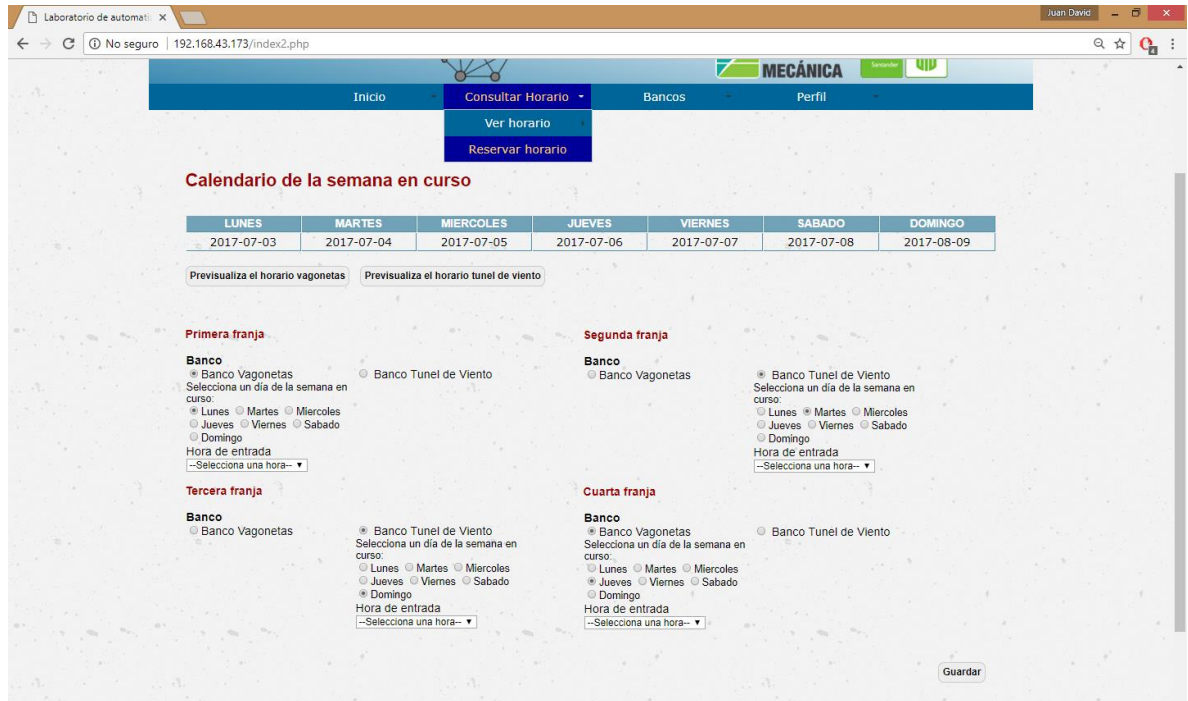
HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
12AM A 1AM						
1AM A 2AM						
2AM A 3AM						
3AM A 4AM						
4AM A 5AM						
5AM A 6AM						
6AM A 7AM						
7AM A 8AM						
8AM A 9AM						
9AM A 10AM						
10AM A 11AM						
11AM A 12M						
12M A 1PM						
1PM A 2PM						
2PM A 3PM	Juan David Duran Tristanchó			Juan David Duran Tristanchó		
3PM A 4PM						
4PM A 5PM						
5PM A 6PM						
6PM A 7PM						
7PM A 8PM						
8PM A 9PM						
9PM A 10PM						
10PM A 11PM						
11PM A 12AM						

Figura 42. Horario de las horas reservadas por los alumnos en el Banco Vagonetas.

HORA	LUNES	MARTES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
12AM A 1AM					
1AM A 2AM					
2AM A 3AM					
3AM A 4AM					
4AM A 5AM					
5AM A 6AM					
6AM A 7AM					
7AM A 8AM					
8AM A 9AM					
9AM A 10AM					
10AM A 11AM					
11AM A 12PM					
12PM A 1PM					
1PM A 2PM					
2PM A 3PM					
3PM A 4PM					
4PM A 5PM					
5PM A 6PM					
6PM A 7PM					
7PM A 8PM					
8PM A 9PM					
9PM A 10PM					
10PM A 11PM					
11PM A 12AM					

En el sub-menú Reservar horario, aquellos usuarios que aún no hayan reservado horario para el uso de los bancos, acá lo podrán hacer, donde cada usuario tiene derecho a un máximo de 4 horas por semana, que podrá ser editada por el profesor a cargo en un rango de 0 a 4. Además cuenta con dos botones para la visualización de los horarios de los bancos si no quiere ingresar al sub-menú ver horarios.

Figura 43. Sub-menú Reservar horario.



**4.3.2 Bancos.** A diferencia de los sub-menús encontrados en el menú Bancos de la página de inicio, en la página principal la información contenida en ellos es diferente. En cada sub-menú se presenta información pertinente del banco y un video explicativo de la funcionalidad y el uso que se le debe dar. De igual manera hay documentos de apoyo para el alumno que se encontraran en una nube de internet. La aplicación re direccionará al estudiante a la nube al dar *click* en el botón *Link* que se encuentra de bajo del video.

Figura 44. Sub-menú Banco Vagonetas.



Figura 45. Nube de internet con documentos sobre el Banco Vagonetas.

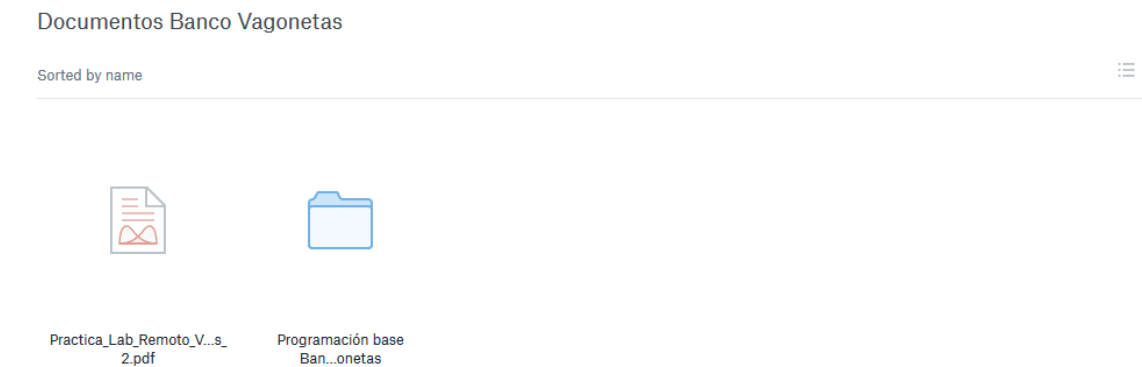


Figura 46. Sub-menú Banco Túnel de Viento.



Figura 47. Nube de internet con documentos sobre el Banco Túnel de Viento.



Si el usuario ya ha reservado horario para poder trabajar en uno de los dos bancos y se encuentra en la hora que solicitó, al lado de los dos sub-menús se habilitará una pestaña (figura 48 y figura 49) para poder acceder a la página en donde podrá hacer uso del banco.

Figura 48. Pestaña habilitada del sub-menú Banco Vagonetas.

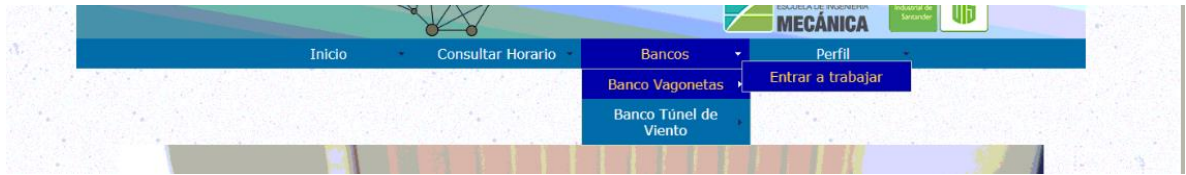
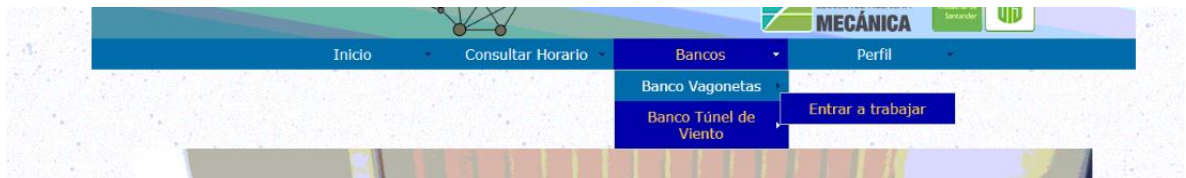
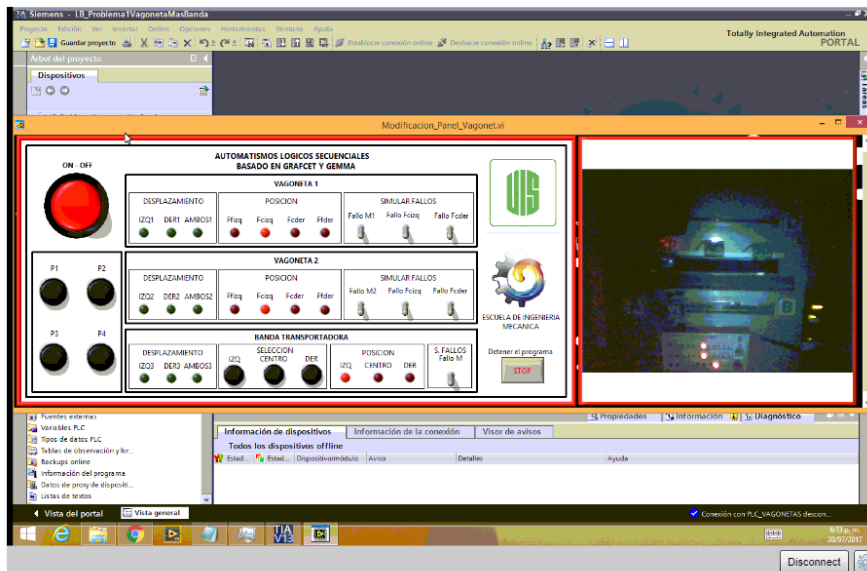


Figura 49. Pestaña habilitada del sub-menú Banco Túnel de Viento.



La aplicación redirigirá al usuario a la Página de Trabajo mostrada en la figura 50 que es idéntica para quienes entran a usar el Banco Vagonetas o el Banco Túnel de Viento. Aquí a través de la conexión VNC podrá hacer uso del banco. El usuario también podrá ver el tiempo que le queda y la hora local colombiana y un botón que lo redirige a la página principal.

Figura 50. Página de Trabajo.



Tiempo restante de la hora en curso:

**46 : 19**

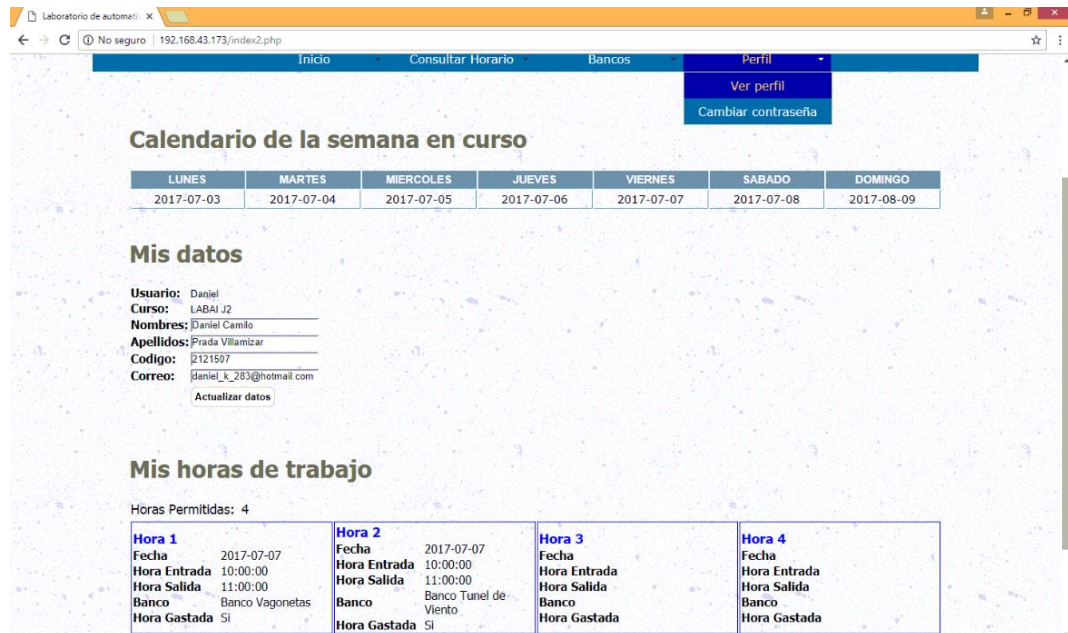
Hora actual colombiana.

**18:13:41**

[Volver](#)

**4.3.3 Perfil.** Perfil cuenta con dos sub-menús, Mi Perfil y Cambiar contraseña. En Mi Perfil (ver figura 51) se encuentra el calendario de la semana en curso y toda la información personal del usuario la cual tiene posibilidad de editar. Además puede ver de forma detallada el manejo que le ha dado a sus horas.

Figura 51. Sub-menú Mi Perfil.



En Cambiar Contraseña (ver figura 52) el usuario podrá actualizar su contraseña las veces que desee, siempre y cuando contemple los parámetros mínimos requeridos para poder hacerlo.

Figura 52. Sub-menú Cambiar contraseña.



## 4.4 USUARIO COMUN: PROFESOR

El usuario Profesor, maneja la misma página principal que el usuario Alumno y por tanto tiene los mismos derechos y permisos. A diferencia del usuario Alumno, el usuario Profesor cuenta con un sub-menú extra en el menú Perfil llamado Mis Alumnos y desde allí puede administrar a todos los alumnos que han sido asignados a uno de los cursos que el maneje.

Figura 53. Sub-menú Mis Alumnos.



**4.4.1 Mis Alumnos.** En el sub-menú Mis Alumnos el Profesor ve los cursos que tiene asignado a su nombre (figura 54), una lista de los usuarios Alumnos que están en los cursos asignados (figura 55) y la posibilidad de agregar nuevos usuarios a sus cursos (figura 56).

Figura 54. Vista de la pestaña mis cursos en el menú Mis Alumnos.



Figura 55. Vista de la pestaña estudiantes en el menú Mis Alumnos.

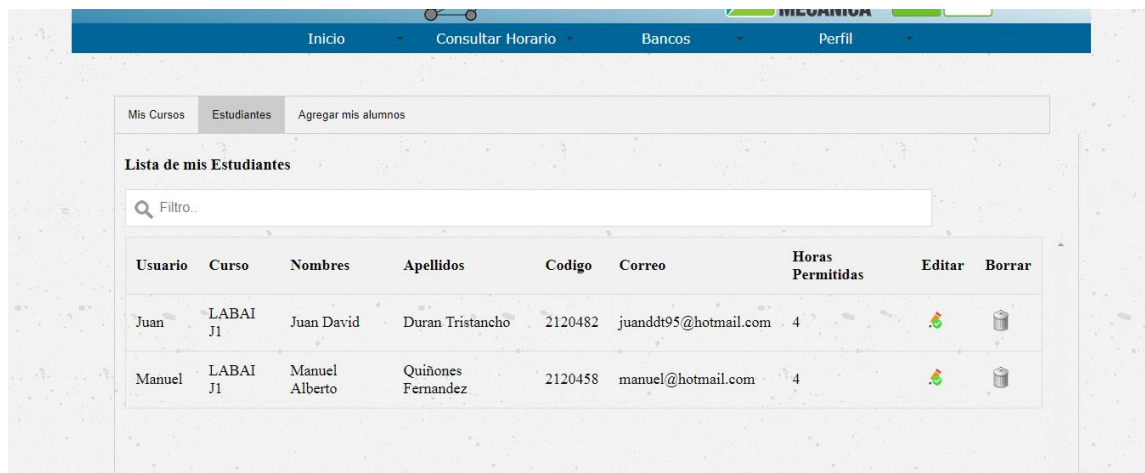


Figura 56. Vista de la pestaña agregar mis alumnos en el menú Mis Alumnos.

The screenshot shows a web application interface with a blue navigation bar at the top containing the text 'Inicio', 'Consultar Horario', 'Bancos', and 'Perfil'. Below the navigation bar, there is a sub-menu with three tabs: 'Mis Cursos', 'Estudiantes', and 'Agregar mis alumnos'. The 'Agregar mis alumnos' tab is active, displaying a form titled 'Agregar alumno'. The form includes a radio button for 'Estudiante' which is selected. Below this, there are several input fields: 'Usuario' (with the placeholder 'Ingresa el usuario'), 'Contraseña' (with the placeholder 'Ingresa la contraseña'), 'Curso' (a dropdown menu showing 'LABAI J1'), 'Nombres' (with the placeholder 'Ingresa un nombre'), 'Apellidos' (with the placeholder 'Ingresa un apellido'), 'Codigo' (with the placeholder 'Codigo del estudiante'), 'Correo' (with the placeholder 'Correo del estudiante'), and 'Horas Permitidas' (with the placeholder 'Cuatro(4) horas máximo'). At the bottom of the form is a button labeled 'Registrar Usuario'.

## 5. LABORATORIOS REMOTOS

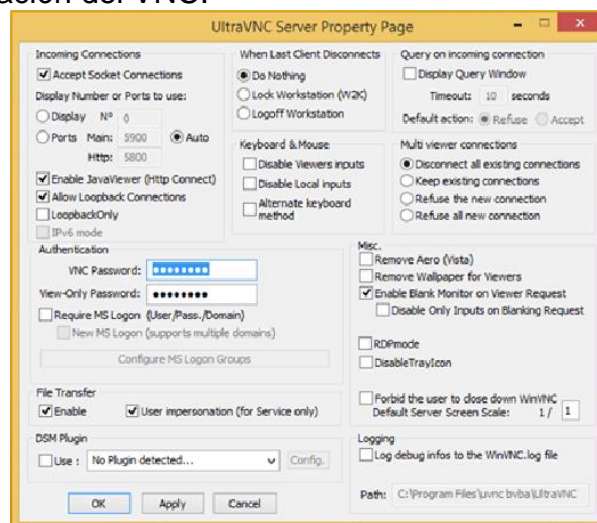
### 5.1 CONFIGURACIÓN INICIAL DE LOS BANCOS DE TRABAJO

**5.1.1 Configuración del computador.** Primeramente, es imprescindible mencionar que, para tener acceso al servidor VNC desde cualquier lugar, este se enlazó con la dirección IP provista por la universidad con el computador de la terminal de trabajo.

La terminal remota debe contar con un administrador que sea el único encargado de que el usuario tenga acceso al servicio y, debe además responder por el uso y problemas que puedan presentarse, tales como una falla de energía o la mala utilización del equipo por parte de alguien ajeno al laboratorio.

Además de lo anterior, el computador se configuró como servidor VNC por medio del software ULTRAVNC SERVER y, este proceso se muestra a continuación:

Figura 57. Configuración del VNC.



En orden consecutivo, se asignó una contraseña de seguridad al servidor y se habilitó la opción que permite a los clientes VNC tener control total sobre el computador. Además, como restricción para el usuario, se ocultó el proceso que permite que el programa se ejecute en segundo plano, con el fin de evitar la manipulación y modificación del programa.

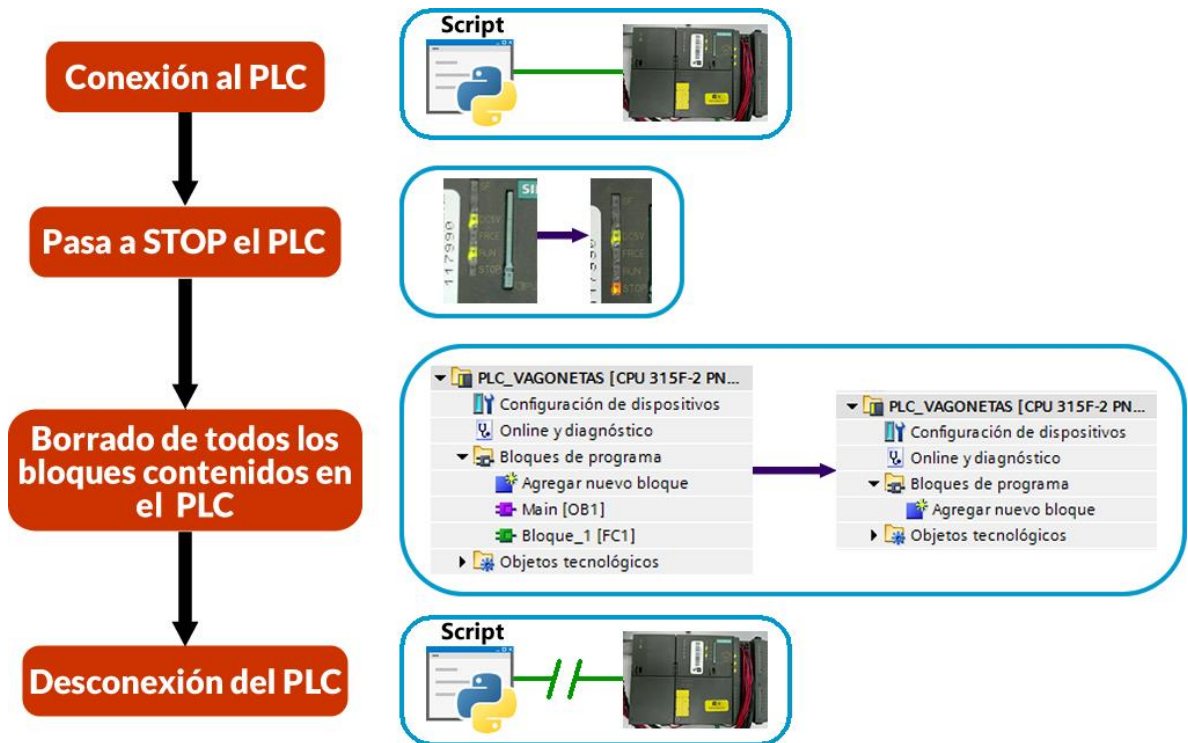
Aprovechando la posibilidad que da el sistema operativo Windows, se creó un usuario exclusivo para el uso de la terminal remota que, permite únicamente el uso dos programas (TIA PORTAL y LABVIEW) y prohíbe:

- Apagar o reiniciar el computador.
- Cerrar sesión o cambiar de usuario.
- Acceder al panel de control, al administrador de tareas o a la terminal de comandos de Windows.
- Eliminar o modificar cualquier archivo del escritorio o de alguno de los discos del computador.

La utilización de una nube electrónica cobra importancia principalmente en dos casos: el primero, cuando exista algún usuario que desee probar sus automatismos lógicos y, el segundo, cuando requiera acceder a la información referente a las prácticas que pueden realizarse en cada banco, por lo que se instaló Dropbox en cada uno de los computadores de las terminales de trabajo.

Con el fin de que cada usuario pueda desarrollar sus automatismos “desde cero” una vez iniciado su turno, se programó un archivo de ordenes (script) en lenguaje Python, cuya función es la de borrar todos los bloques de programación que hayan sido guardados previamente en el PLC. EL código de este script se encuentra en el anexo E y en la siguiente figura se muestra a manera de esquema la ejecución secuencial de su función:

Figura 58. Esquema de la ejecución secuencial del script de borrado de bloques.



## 5.2 TERMINAL REMOTA: BANCO VAGONETAS

Dado que la distancia suele ser uno de los principales inconvenientes a la hora de realizar prácticas de laboratorio, se decidió implementar el uso de un panel de control virtual desarrollado en proyecto de grado OBJETO DE APRENDIZAJE PARA EL DISEÑO DE AUTOMATISMOS LÓGICOS PROGRAMABLES (ver anexo C). Este, permite el control completo del banco con la ayuda de un servidor OPC y una cámara web que, en conjunto, ofrecen al usuario, la posibilidad de manipular y visualizar lo ocurrido en el banco en tiempo real. Para esto, en un principio, se adicionó la tarjeta Ethernet al computador con el fin de evitar que el PLC estuviera conectado con la red de la universidad y, en cambio, la conexión

fuera directa con este. Los términos de *servidor OPC* y *panel virtual*, cobran una gran importancia.

- Servidor OPC: permite que el PLC “lea” los estados de las marcas asignadas al panel virtual. La configuración de este, se muestra en la figura 58, y cabe resaltar que cada etiqueta de nombre con inicial “M”, representa una marca que fue asignada a un botón o indicador del panel virtual. Además, se agregó la serie del PLC para sincronizar la dirección IP del servidor OPC con la de este.
- Panel virtual: reproduce las acciones que puede llevar a cabo el panel físico del banco, es decir, permite que el usuario manipule el banco de forma remota y, con la ayuda de la cámara web, este pueda observar lo que ocurre. Es, en otras palabras, el corazón del sistema.

Figura 59. Configuración del servidor OPC.

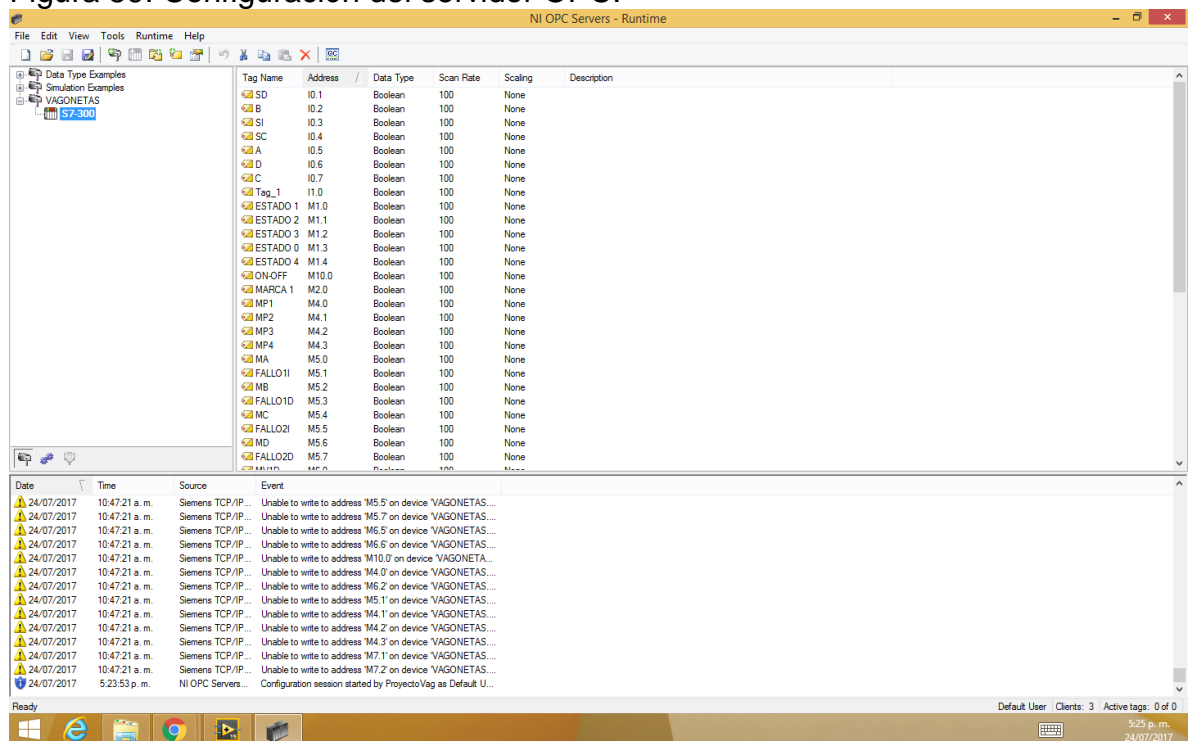


Tabla 2. Variables de entrada y salida para el uso de la terminal remota por parte de los usuarios.

	Nombre	Simbolo	Direccion	Descripcion
<b>Entradas y Salidas Virtuales del Usuario</b>	Boton P1 (Usuario)	P1	M8.0	Entrada del Pulsador P1 del Panel Virtual
	Boton P2 (Usuario)	P2	M8.1	Entrada del Pulsador P2 del Panel Virtual
	Boton P3 (Usuario)	P3	M8.2	Entrada del Pulsador P3 del Panel Virtual
	Boton P4 (Usuario)	P4	M8.3	Entrada del Pulsador P4 del Panel Virtual
	Boton Banda Izquierda (Usuario)	BBI	M8.4	Entrada del Boton de Banda Izquierdo del Panel Virtual
	Boton Banda Centro (Usuario)	BBC	M8.5	Entrada del Boton de Banda Centro del Panel Virtual
	Boton Banda Derecha (Usuario)	BBD	M8.6	Entrada del Boton de Banda Derecho del Panel Virtual
	Banda Derecha (Usuario)	BD	M7.3	Salida Virtual que se debe usar en la programacion de los Bloques OB
	Motor Banda Izquierda (Usuario)	BI	M7.4	Salida Virtual que se debe usar en la programacion de los Bloques OB
	Vagoneta 1 Izquierda (Usuario)	V1I	M6.1	Salida Virtual que se debe usar en la programacion de los Bloques OB
	Vagoneta 1 Derecha (Usuario)	V1D	M6.0	Salida Virtual que se debe usar en la programacion de los Bloques OB
	Vagoneta 2 Izquierda (Usuario)	V2I	M6.4	Salida Virtual que se debe usar en la programacion de los Bloques OB
	Vagoneta 2 Derecha (Usuario)	V2D	M6.3	Salida Virtual que se debe usar en la programacion de los Bloques OB
	<b>Boton ON-OFF (Panel Labview)</b>	<b>ON-OFF</b>	<b>M10.0</b>	<b>Boton ON-OFF Virtual</b>

En lo anteriormente descrito, puede definirse un sistema y, como último componente de este, se encuentra un programa desarrollado bajo un código base (ver anexo F) casi vacío, que solo cuenta con la función “Bloque\_funcion FC1” que es la encargada de que los automatismos lógicos de los usuarios puedan ejecutarse de forma remota y este objetivo del proyecto se cumpla. Adicionalmente el “Bloque\_funcion FC1” incluye en su programación (ver segmentos 8 y 9, Anexo F) los bloques lógicos encargados de la protección del elemento crítico del banco: motor-banda transportadora, para prevenir posibles errores en la programación del automatismo por parte del usuario.

### 5.3 TERMINAL REMOTA: BANCO TUNEL DE VIENTO

Haciendo una comparación con el ítem inmediatamente anterior, puede destacarse como diferencia principal, la ausencia del servidor OPC y de la sección de control del panel virtual, lo cual tiene explicación en que el desarrollo de todas las prácticas y el control del banco requieren únicamente del uso del programa TIA PORTAL y, la comunicación entre el computador y el PLC se da por medio de un cable MPI. Lo ocurrido en el banco es visible para el usuario gracias al panel virtual que, para este caso, permite proyectar la imagen captada por la cámara web.

Según lo descrito en la sección 2.3 de este libro, el banco cuenta con dos configuraciones de trabajo que tienen como característica en común el uso del módulo 1 (módulo de ventilación); teniendo esto en mente, se desarrollaron, para cada una de estas, los respectivos bloques lógicos encargados de la seguridad de todo el sistema. A continuación se describe la lógica implementada:

- Banco Túnel de Viento - Configuración SISO: esta configuración usa los módulos, de ventilación y de compuerta angular, de los que se obtiene un único elemento crítico: el motor del módulo de ventilación. La protección de este elemento se logró mediante la implementación de un segmento que limita el tiempo que puede durar prendido, y considera un límite de aproximadamente 5 minutos de trabajo continuos.
- Banco Túnel de Viento - Configuración MIMO: el uso de los módulos, de ventilación y de resistencia eléctrica y censado de presión implica la inclusión de un nuevo elemento crítico (además del motor del módulo 1) en el sistema: la resistencia eléctrica, para la cual se consideró un nuevo segmento lógico, que para el caso se encarga de limitar la temperatura máxima del sistema a un valor de 60°C y es incluido dentro de los

automatismos junto con el segmento implementado en la configuración anterior.

## 6. PRUEBAS

### 6.1 ATAQUE POR INYECCIÓN SQL

La inyección SQL es un método de infiltración de código ajeno en la aplicación que se vale de una vulnerabilidad informática en el nivel de validación de las entradas para realizar operaciones sobre una base de datos. Este código generalmente es de carácter malicioso, dañino o espía y afecta directamente al funcionamiento del programa o aplicación.

En el caso de la aplicación web desarrollada, según la forma en la que se escribieron las sentencias SQL usadas dentro del código, para la consulta de la información almacenada en las tablas de la base de datos, se encontraron vulnerabilidades que podían ser aprovechadas por personas ajenas a la aplicación, para realizar una infección por inyección SQL y así, tener acceso a los datos contenidos en las bases de datos. Esta inyección podía realizarse en los campos dispuestos dentro de la aplicación, para el ingreso de texto por parte de los usuarios. A continuación se presentará, a modo de ejemplo el desarrollo de la protección implementada en el formulario de inicio de sesión, que se presenta en la figura 60.

Figura 60. Formulario de inicio de sesión de la aplicación web.



The image shows a web application interface with a light blue background. On the left, there is a logo consisting of a vertical line with two circles and radiating lines. The main text reads "Laboratorio Automatización Industrial" in a large, bold, black font. To the right of the logo, there is a login form with two input fields: "Usuario:" and "Contraseña:". Below the "Contraseña:" field is a button labeled "Iniciar Sesión". At the top right of the page, there is an orange header bar with a button labeled "Iniciar sesión".

En la figura 61, se muestra la sentencia SQL correspondiente al formulario de inicio de sesión mostrado en la figura anterior, que según el contexto planteado, representa un acceso directo (por inyección SQL) a la base de datos, en la que se encuentran registrados todos los usuarios de la aplicación web.

Figura 61. Sección de código, formulario de inicio de sesión (Sentencia SQL vulnerable).

```
<?php
$username=$_POST['textfield'];
$password=$_POST['textfield2'];

$query=mysqli_query($mysqli,"SELECT * FROM usuarios WHERE Usuario='$username'");
$result=mysqli_fetch_assoc($query);

?>
```

Cuando un usuario ingresa sus datos: nombre de usuario y contraseña, en el formulario de inicio de sesión, las variables `$username` y `$password`, toman los valores de nombre de usuario y contraseña respectivamente; De esta forma, si el usuario ingresado es "Juan", se realizará una búsqueda en la tabla usuarios por el nombre "Juan" y se comprobará su existencia. El uso correcto de esta sentencia, ligada al formulario de inicio de sesión, no representa peligro alguno para la aplicación, sin embargo, la información almacenada en las tablas de la base de datos, podría verse comprometida si un usuario malintencionado, inserta código malicioso (inyección SQL) en esta entrada de texto, en la siguiente imagen se muestra un código inyectado en la sentencia SQL:

Figura 62. Sentencia SQL inyectada (recuadro rojo).

```
$query=mysqli_query($mysqli,"SELECT * FROM `usuarios`
WHERE Usuario='Juan'; DROP TABLE usuarios; SELECT * FROM usuarios WHERE Usuario LIKE '%')");
$result=mysqli_fetch_assoc($query);
```

En este caso, el código inyectado elimina los datos almacenados en la tabla “usuarios”, además de eliminar partes de la estructura de la tabla.

Para evitar la inyección SQL, se restringe el uso a únicamente caracteres tipo texto (números y letras), evitando el ingreso de caracteres especiales (puntos, comas, comillas, asteriscos, etc.) necesarios para el desarrollo y la ejecución de pequeñas secciones de código, en las sentencias SQL. Esto se logra mediante el uso de la función *mysqli\_real\_escape\_string()*, con la cual, la sentencia mostrada en la figura 61 es reescrita usando la función mencionada, dando como resultado la sección de código que se muestra a continuación.

Figura 63. Código de sentencia SQL segura.

```
<?php
$username=$_POST['textfield'];
$password=$_POST['textfield2'];

$intento=mysqli_query($mysqli,"SELECT * FROM usuarios WHERE Usuario='" . mysqli_real_escape_string($mysqli, $username) . "'");
$intento1=mysqli_fetch_assoc($intento);

?>
```

El código presentado, corrige la vulnerabilidad que permitía la inyección de código malicioso, y ejemplifica las acciones implementadas para cada uno de los formularios y/o campos de texto dispuestos en la aplicación web, para el uso de los usuarios.

## 6.2 LATENCIA DE LA CONEXIÓN VNC

Se entiende por latencia, la suma de los retardos temporales dentro de una red, que se traduce en la demora de la propagación y transmisión de paquetes dentro de la misma. Para medir la latencia, se utiliza el “ping”, que está medido en milisegundos y, entre menor sea su magnitud, menor es el tiempo que tardan en comunicarse dos equipos. Los factores que comúnmente generan un aumento en la latencia pueden ser debidos a la calidad de la conexión a internet, la distancia entre dos puntos que quieran establecer una comunicación o la capacidad de almacenamiento de manera temporal de los datos, entre otros.

Para medir la latencia generada entre el cliente y el servidor VNC, se propuso la realización de una prueba (ver anexo H), diseñada para la obtención del retardo debido a la conexión con la red, ignorando el retraso propio de la terminal de trabajo, generado en la conexión Panel Virtual – Servidor OPC – PLC – Planta física. Dicha prueba consistió en realizar la medición del tiempo que existe entre el instante en que un usuario de la terminal remota presiona un botón del panel virtual, y el momento en que se ve el movimiento del banco sobre la imagen del mismo, haciendo grabaciones conjuntas sobre la terminal de trabajo y el computador personal de cada uno de los usuarios, cuando estos ingresaban a la terminal de trabajo y presionaban los botones indicados, y posteriormente analizando las tomas con el uso del software de edición de video; Para la sincronización de los tiempos (acción necesaria para el análisis de los videos) de accionamiento, se utilizó el “tiempo UNIX” (ver Anexo I) como referencia.

Según lo planteado, inicialmente se midió el retraso existente entre el servidor y la planta física, que corresponde, a la suma del tiempo que demora (retraso) en ejecutarse el programa cargado al PLC después de dar click a un botón del panel

virtual, y el retraso de la señal de video captado por la cámara con respecto al movimiento de la planta física luego de que dar click en el panel virtual.

Figura 64. Conexión cliente-servidor-planta física.



Las mediciones de los retrasos entre el servidor y la planta física se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Retraso entre el servidor y la planta física.

	Ms
Retraso de señal después de dar click	Aprox. 10
Retraso de video después de dar click	Aprox. 100

Conocidos estos retardos, se realizó el mismo procedimiento, pero esta vez, con usuarios que operaran lo bancos de forma remota. Para la realización de esta prueba, cada uno de los usuarios que accedía al laboratorio remoto, grababa la

pantalla de su computador, en la que mostraba el panel de trabajo y el tiempo UNIX (ver figura 65). Adicionalmente, se dispuso de una persona para la grabación de la planta física, junto con el tiempo UNIX (proyectado en un computador), que (ver figura 66). Estas grabaciones debían realizarse al mismo tiempo, de modo que al compararlas, se coordinaran los tiempos UNIX mostrados en cada video.

Figura 65. Grabación de la pantalla del usuario accediendo al laboratorio remoto.



Figura 66. Elementos de la grabación realizada en el LABAI.



Estas pruebas se realizaron en 5 lugares:

- Toluca de Lerdo, México.
- Laboratorio de automatización industrial, UIS, Bucaramanga.
- Provenza, Bucaramanga.
- Pie de cuesta, Bucaramanga.
- La Aurora, Bucaramanga.

Para evaluar de forma objetiva los resultados, es importante tener en cuenta el ancho de banda de cada uno de los usuarios. En la siguiente tabla se muestra un promedio del ancho de banda de cada uno de los usuarios, usando el test de velocidad de internet encontrado en la página web <http://beta.speedtest.net/es>.

Tabla 4. Velocidad de internet en cada lugar de la prueba.

	LABAI	Toluca	Provenza	Piedecuesta	La Aurora
<b>Velocidad de descarga</b>	30,14	29,83	5,09	4,13	10,9
<b>Velocidad de subida</b>	24,21	4,94	1,1	0,67	2,17
<b>Medidas en Mbps</b>					

En la siguiente tabla se muestran las mediciones hechas para la determinación del retardo (latencia) entre, el cliente VNC y la planta física, y el cliente VNC y la imagen de retroalimentación que este ve. Estos resultados tienen en cuenta el retraso debido a las conexiones de la terminal remota (Panel Virtual – Servidor OPC – PLC – Banco de Trabajo).

Tabla 5. Retraso entre el cliente y la planta física.

	LABAI	Toluca	Provenza	Piedecuesta	La Aurora
<b>Retraso entre el accionamiento del botón y el movimiento de la planta física</b>	Aprox. 10	Aprox. 10	Aprox. 12	Aprox. 12	Aprox. 12
<b>Retraso entre el accionamiento del botón y el cambio en la imagen del banco en la pantalla del usuario</b>	Aprox. 110	Aprox. 160	Aprox. 210	Aprox. 220	Aprox. 200
<b>Medidas en ms.</b>					

Si a los resultados mostrados en la tabla anterior les restamos el retardo debido a las conexiones de la terminal remota, obtenemos el retardo debido a la conexión, para cada una de las pruebas realizadas. A continuación se presentan los resultados.

Tabla 6. Retraso entre el cliente y el servidor.

	LABAI	Toluca	Provenza	Piedecuesta	La Aurora
<b>Retraso de señal despues de dar click</b>	Mayor a 0	Mayor a 0	Aprox. 2	Aprox. 2	Aprox. 2
<b>Retraso de video despues de dar click</b>	Aprox. 10	Aprox. 60	Aprox. 100	Aprox. 120	Aprox. 100
<b>Medidas en ms.</b>					

Según los resultados obtenidos, es claro que el usuario de Toluca, aun cuando realizo la operación de la planta desde una locación mucho más lejana (México), experimento un menor retardo en la conexión. Esto podría relacionarse con el ancho de banda que posee el usuario, pues tal y como se muestra en la tabla (referencia la tabla de la velocidades del internet), su conexión en términos de velocidad es la mejor (Descarga: Aprox. 30 Mbps, Carga: Aprox. 5 Mbps). Sin embargo, este podría no ser el factor determinante en los valores de retardo que se produjeron, pues al comparar las conexiones realizadas desde Provenza (Floridablanca - Santander) y La Aurora (Bucaramanga - Santander), se ve que aunque el usuario de La Aurora tiene casi el doble del ancho de banda que el usuario de Provenza y además, se encuentra en una locación más cercana al laboratorio de automatización industrial (LABAI), la diferencia entre ambos es casi despreciable (Aprox. 10 ms).

## 7. CONCLUSIONES

Se supone una mejora en el proceso de aprendizaje de cursos como sistemas mecatrónicos I y autómatas programables, constantemente afectado por problemas de acceso y disponibilidad que encuentran los estudiantes al momento de realizar prácticas en los bancos de trabajo del laboratorio de automatización industrial, por medio del desarrollo de un laboratorio remoto que incluyo la adaptación de dos bancos de trabajo que en él se encuentran.

Se desarrolló un prototipo de laboratorio remoto que permite la realización de prácticas de automatización industrial, aportando a la escuela de ingeniería mecánica un sistema robusto, seguro y flexible que constituye una mejora para los objetos de aprendizaje con que cuenta el laboratorio de automatización industrial.

La arquitectura desarrollada supone una innovación respecto a los modelos de laboratorios remotos encontrados en la bibliografía. El avance se basa en el uso de una conexión VNC, planteada para una configuración cliente - servidor, que garantiza que los usuarios tengan acceso a todas las herramientas necesarias (por ejemplo: TIA Portal) para el desarrollo de automatismos lógicos más flexibles, que permitan el aprovechamiento de todas las configuraciones que los bancos de trabajo puedan ofrecer.

Se desarrolló una aplicación web administrable, enfocada al desarrollo de las competencias en autómatas programables y control de procesos, de estudiantes y profesores, que permite la teleoperación de dos plantas reales encontradas en el

Laboratorio de Automatización Industrial, de modo que las practicas realizadas por los usuarios en los laboratorios remotos, las perciba y efectúe de igual manera que si estuvieran de forma presencial.

Se comprobó por medio de una prueba de latencia, realizada a la conexión VNC, con ayuda del Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz, que el laboratorio remoto desarrollado, es accesible desde cualquier lugar que cuente con las condiciones mínimas necesarias para acceder a una página web ([labai.uis.edu.co](http://labai.uis.edu.co)), que en este caso, contiene una aplicación WEB con todos los elementos necesarios para le teleoperación de los bancos de trabajo.

## 8. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer una mejora de los elementos que componen la estructura del laboratorio remoto, especialmente de aquellos que influyen en el rendimiento del sistema y que pueden afectar la experiencia del usuario. Como primera medida se recomienda mejorar el ancho de banda y la latencia de la conexión a internet de todo el laboratorio de automatización industrial (ubicación del servidor web y las terminales remotas) de manera que se pueda reducir el retardo que se tiene al acceder desde locaciones lejanas a la Universidad Industrial de Santander, también se recomienda reemplazar los computadores de las terminales remotas de trabajo por equipos más modernos con mejores especificaciones técnicas y características de rendimiento, que soporten el funcionamiento de las herramientas de programación dispuestas en cada terminal para el uso del usuario, y no se saturen ante el desarrollo de múltiples tareas.

La realización de este proyecto permitió el fortalecimiento de las relaciones de extensión de la Universidad Industrial de Santander, con la creación de un vínculo con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, que se dio a través del trabajo en conjunto del grupo de investigación del Laboratorio de Automatización Industrial dirigido por el profesor Jorge Enrique Meneses Florez, y al cual se encuentran adscritos los autores de este proyecto, con el Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz, para el desarrollo del mismo.

Aun cuando se desarrollaron funciones programadas de seguridad para cada uno de los bancos, las cuales complementaron las protecciones con que contaban estos inicialmente, es necesario que se disponga de una persona para la vigilancia y el mantenimiento de los equipos del laboratorio remoto, diferente del

administrador de la aplicación web, que se encargue de asegurar que el laboratorio remoto este siempre disponible para su uso en las mejores condiciones de trabajo, y reaccione de manera oportuna ante cualquier fallo que pueda presentarse durante la operación remota de los equipos.

Mejorar la aplicación web, reescribiendo su código fuente con el uso de lenguajes de programación web más actualizados tales como Python o Javascript, que incluyan nuevas funciones, aumenten la seguridad de la aplicación y permitan el diseño de interfaces mucho más amigables para los usuarios.

Adoptar una actitud responsable en el uso del laboratorio remoto y de todos sus elementos, haciendo uso de la información dispuesta para la instrucción acerca del funcionamiento de la aplicación web junto con las terminales de trabajo remotas; Esta información incluye documentos y videos en los que se introduce al usuario en las funciones de la aplicación y se presentan las practicas recomendadas por los desarrolladores, dispuestas para dar un primer acercamiento en cuanto a los automatismos que pueden ser desarrollados en cada una de las plantas físicas del laboratorio remoto.

## BIBLIOGRAFIA

**CALVO, Isidro. ZULUETA, Ekaitz. GANGOITI, Unai. LÓPEZ, José Manuel.** Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. Ikastorratza, revista electrónica de Didáctica. Tercera edición. 21 p. Disponible en World Wide Web: [http://www.ehu.eus/ikastorratza/3\\_alea/laboratorios.pdf](http://www.ehu.eus/ikastorratza/3_alea/laboratorios.pdf)

**DE LA CRUZ, Francisco. DÍAZ GRANADOS, Magda. ZERPA, Sergio. GIMÉNEZ Donnaly.** Web-LABAI: Laboratorio Remoto de Automatización Industrial. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Vol. 7. No. 1. (Ene., 2010). ISSN: 1697-7912.

**ESPAÑA BOQUERA, María Carmen.** Servicios avanzados de telecomunicación: requisitos de retardo. España: Ediciones Díaz de Santos. 2003. 816 p.

**MARTIN MORENO, Cristian Orlando y SIERRA BUENO, José Antonio.** Objeto de aprendizaje para el diseño de automatismos lógicos secuenciales basado en GRAFCET. Diseño y construcción. Trabajo de grado ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2011.

**QUINTERO CARVALLIDO, Jeisson Mauricio y TARAZONA VILLAMIZAR, Oscar Andrés.** Diseño y construcción de un objeto de aprendizaje para prácticas de sistemas de control muestreado, basado en controlador industrial (PLC).

Trabajo de grado ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2012.

**ZAFRA URREA, Ronald Miguel y PULIDO DELGADILLO, Jhonatan Jair.**  
Objeto de aprendizaje para el diseño de automatismos lógicos programables. Trabajo de grado ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2017.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A. Libro del trabajo de grado del Banco Vagonetas**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo A.

### **ANEXO B. Libro del trabajo de grado del Banco Túnel de viento**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo B.

### **ANEXO C. HMI Virtualizado del banco de Vagonetas.**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo C.

### **ANEXO D. Código de la aplicación web**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo D.

### **ANEXO E. Script programado para el borrado de los bloques del PLC.**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo E.

### **ANEXO F. Programa base banco vagonetas**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo F.

### **ANEXO G. Bloques de protección para las configuraciones del banco túnel de viento.**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo G.

### **ANEXO H. Prueba de latencia.**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo H.

### **ANEXO I. Tiempo Unix.**

Remítase al CD, en la carpeta Anexos, Anexo I.