

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

Sistemas de Control de Riego y Monitoreo Agrícola en LemSystem SpA

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en Electrónica

Alumno:

Sr. Ignacio Xavier Gallardo Muñoz

Profesor Guía:

Ing. Bruno Dondero Lencioni

Profesor Correferente:

Ing. José Llantén Álvarez

Dedico en primera instancia este trabajo de título, que significa el final de esta significativa etapa de mi vida, a un amigo de la infancia quien me mostró la belleza de la electrónica, Jonathan. Ha sido como el hermano que nunca tuve.

Así mismo dedico con profundo afecto este trabajo a Laura, quien fue mi principal motivación e irremplazable apoyo desde que llego a mi vida, permitiéndome seguir en los momentos difíciles sin flaquear. Mis esfuerzos siempre han sido por ti.

Finalmente agradezco a todos quienes me prestaron una mano desinteresadamente durante la estadía en la carrera.

Gracias de corazón.

“...I know you push me to keep my head held high...”

Dylan Mattheisen

RESUMEN

KEYWORDS: VARIABLES CRÍTICAS, TELEMETRÍA, ZIGBEE, CONTROL HÍDRICO.

Este trabajo resume el proceso de Práctica Industrial y Pasantía realizados de forma continuada por el alumno en la empresa LemSystem SpA, empresa dedicada al monitoreo de variables agrícolas y el control hidrológico. En él se describen y explican las tareas realizadas en la empresa siendo parte del equipo de trabajo en el área de producción de dicha institución durante el periodo descrito, sus implicancias académicas y a la empresa en grandes rasgos. El trabajo está estructurado principalmente en tres capítulos:

- En el primer capítulo se presenta una descripción general de la empresa; el rubro de operación, organización interna, características de funcionamiento y sus productos y servicios. Así mismo se explica brevemente la posición ocupada en la empresa durante el periodo y los elementos nuevos para el alumno utilizados para el desempeño de sus labores.
- En la segunda parte se procede a detallar las actividades realizadas durante el periodo de práctica y pasantía en la empresa. Es decir, la realización de los proyectos, la producción y prueba de equipos y las tareas administrativas realizadas dentro y fuera del Departamento de Producción.
- En la tercera parte se hace un análisis general de las competencias que fueron de utilidad para el correcto desempeño como profesional dentro de la empresa, tanto otorgadas como Carrera, como las incorporadas de forma personal por el alumno y las que fueron necesario adquirir.

ÍNDICE DE MATERIAS

RESUMEN

ÍNDICE DE MATERIAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA Y EL ENTORNO DE TRABAJO 2

1 LEMSYSTEM SPA 3

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL 3

1.1.1 Historia 5

1.2 VISIÓN 6

1.3 MISIÓN 6

1.4 PRODUCTOS Y SERVICIOS 7

1.4.1 LemSense 8

1.4.2 LemBox 8

1.4.3 LemControl 9

1.4.4 LemValve 9

1.4.5 LemAqqua Canal 9

1.4.6 LemAqqua Pozo 9

1.5 ORGANIGRAMA 10

1.5.1 Finanzas 10

1.5.2 Departamento Comercial 11

1.5.3 I+D 11

1.5.4 Departamento de Operaciones 12

1.6	ÁREA DE PRODUCCIÓN.....	12
1.7	EQUIPOS PRESENTES EN EL TALLER	14
1.7.1	Ersa i-con Nano / Pico	14
1.7.2	Atten 936	15
1.7.3	Atten 850B.....	16
1.7.4	Agilent u8001a	16
1.7.5	CC2531 USB Dongle Sniffer	17
CAPÍTULO 2: ROL DEL ALUMNO Y ESTADÍA PROFESIONAL EN LA EMPRESA		18
2	ESTADÍA PROFESIONAL EN LA EMPRESA	19
2.1	ROL DEL ALUMNO.....	19
2.2	SOFTWARES USADOS EN EL CONTROL DE CALIDAD.....	20
2.3	CONTROL DE CALIDAD DE PLACAS	22
2.3.1	GBan HP y LP	23
2.3.1.1	Calibración de ADC en GBan.....	25
2.3.2	Optimus 2.3	26
2.3.3	Valve Adapt	28
2.3.4	Control Adapt	30
2.3.5	ADC Adapt	31
2.3.6	CRD-RTR.....	32
2.3.7	Lem Box	33
2.3.8	Lem Control.....	35
2.4	FABRICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS	36
2.4.1	Coordinador	40
2.4.2	Router	42
2.4.3	Nodo LemSense.....	44
2.4.3.1	Sondas Lem y Aquacheck.....	47

2.4.4	Nodo LemWeather	48
2.4.5	LemValve	51
2.4.6	LemControl Valve	52
2.4.7	LemAcqua	53
2.4.8	LemControl Plus.....	56
2.5	PROYECTOS INDEPENDIENTES	58
2.5.1	Electrolux.....	58
2.5.2	Sopraval	61
2.6	TAREAS ADMINISTRATIVAS	62
2.6.1	Inventariado	62
2.6.2	Bodega.....	62
2.6.3	Informes.....	63
2.7	OTRAS ACTIVIDADES	64
2.7.1	Instalación en Sopraval.....	64
	CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROCESO DE PASANTÍA	67
3	EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROCESO DE PASANTÍA	68
3.1	COMPETENCIAS ADQUIRIDAS EN LA CARRERA	68
3.1.1	Circuitos de Corriente Continua y Circuitos de Corriente Alterna	68
3.1.2	Electrónica Básica	69
3.1.3	Sistemas Digitales.....	69
3.1.4	Microcomputadores	70
3.1.5	Electrónica No Lineal	70
3.1.6	Electrónica Lineal.....	71
3.1.7	Comunicación Análoga	71
3.1.8	Electrónica Industrial.....	72
3.1.9	Sensores y Transductores	72

3.1.10	Control Automático	73
3.1.11	Instrumentación Industrial	73
3.1.12	Control de Procesos	74
3.1.13	Tecnología de la Información	75
3.1.14	Administración	75
3.1.15	Preparación de Proyectos.....	76
3.2	COMPETENCIAS ADQUIRIDAS EN LA EMPRESA	76
3.2.1	Trabajo con Plástico y Acrílico	77
3.2.2	Trabajo con Metal.....	77
3.2.3	Uso de herramientas	78
3.2.4	Conceptos de Agronomía	79
3.2.5	Trabajo en Equipo	79
3.2.6	Armado y Análisis de Equipos	80
3.2.7	Configuración de Redes.....	80
3.3	COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN RECIBIDA.....	81
	CONCLUSIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Logo de la empresa.....	3
Figura 1-2 Mapa de la ubicación de la empresa.....	4
Figura 1-3 Fachada de la empresa vista desde la calle.....	4
Figura 1-4 Equipo de instalación en Perú junto al gerente general de la empresa.....	6
Figura 1-5 Esquema de red de monitoreo agrícola.	7
Figura 1-6 Organigrama de la empresa.	10
Figura 1-7 Principales clientes de la empresa.	11
Figura 1-8 Layout del taller de producción.	13
Figura 1-9 Estaciones de soldar Ersa i-con Nano y Ersa i-con Pico.	15
Figura 1-10 Estación de soldar Atten 936.	15
Figura 1-11 Estación de desoldado con pistola de aire caliente Atten 850B.	16
Figura 1-12 Fuente de voltage variable AgiletN U8001A.	17
Figura 1-13 Sniffer USB CC2531 Dongle.	17
Figura 2-1 Visualización de paquetes de datos en Packet Sniffer.	21
Figura 2-2 Visualización de datos del servidor en Cygwin.	22
Figura 2-3 Placas PCB sin soldar.....	23
Figura 2-4 Placa Optimus con adhesivo de control de calidad realizado.....	23
Figura 2-5 GBan HP con antena en PCB.	24
Figura 2-6 GBan LP sin antena en PCB.....	24
Figura 2-7 Proceso de calibración de un GBan.....	25
Figura 2-8 Placa Optimus Versión 2.3.....	26
Figura 2-9 Diagrama de conexiones de placa Optimus 2.3.....	27
Figura 2-10 Diagrama de pines de la regleta de la placa Optimus.....	27
Figura 2-11 Medición de voltaje de reguladores inteligentes.	28
Figura 2-12 Placa Valve Adapt.	29
Figura 2-13 Prueba de funcionamiento de placa Valve Adapt.....	29
Figura 2-14 Placa Control Adapt.	30
Figura 2-15 Placa ADC Adapt.	31
Figura 2-16 Sensor de presión de agua	32
Figura 2-17 Lecturas ADC del sensor de presión sumergido en agua y a la interperie.	32
Figura 2-18 Placa CRD-RTR.	33
Figura 2-19 Placa Lem Box.	33
Figura 2-20 Prueba de una entrada conectada a 220VAC de placa Lembox.....	34
Figura 2-21 Paquetes de datos enviado por la Lembox.	34
Figura 2-22 Placa Lem Control.....	35

Figura 2-23 Tipos de conectores..	36
Figura 2-24 Tipos de cables externos.....	37
Figura 2-25 Coordinador de prueba instalado en el taller y conectado a modem.	39
Figura 2-26 Equipo LemSense embalado en caja.	40
Figura 2-27 Coordinador.....	41
Figura 2-28 Conexión interna del coordinador.	41
Figura 2-29 Configuración del Wiznet por medio de Config Tool.....	42
Figura 2-30 Router con switch conectado.....	43
Figura 2-31 Conexión interna del router.	43
Figura 2-32 Prueba de funcionamiento de un router.	44
Figura 2-33 Paquete de conexión tipo <i>i</i> visualizado en terminal.....	44
Figura 2-34 Nodo LemSense.....	45
Figura 2-35 Conexión interna estándar de LemSense para sonda Lem.	45
Figura 2-36 Prueba de LemSense con sonda Lem y amperímetro conectados.	46
Figura 2-37 Paquete de información <i>m</i> con lectura de sonda Lem.	46
Figura 2-38 Tipos de sonda.	47
Figura 2-39 Placa SDI 2.1.	48
Figura 2-40 Optimus 2.3 con placa SDI 2.1 y conexión para sonda Aquacheck.	48
Figura 2-41 Nodo LemWeather.	49
Figura 2-42 Conexión interna del LemWeather.....	49
Figura 2-43 Prueba de Lem Weather con sensores meteorológicos conectados.....	50
Figura 2-44 Paquete de información <i>m</i> con lectura de estación meteorológica.	51
Figura 2-45 Nodo LemValve.	51
Figura 2-46 Conexión interna del LemValve.....	52
Figura 2-47 Nodo Lem Control Valve.	53
Figura 2-48 Cableado interno de Lem Control Valve.....	53
Figura 2-49 Nodo Lem Acqua.	54
Figura 2-50 Cableado de nodo LemAcqua.	54
Figura 2-51 Sensor de presión sumergido en agua.	55
Figura 2-52 Placa adaptadora de nivel de señal.	55
Figura 2-53 Paquetes de datos de sensor de presión y sensor de nivel respectivamente.	56
Figura 2-54 Gabinete metálico de equipo Lem Control Plus.....	57
Figura 2-55 Cableado de Lem Control Plus.....	57
Figura 2-56 Diagrama de sensores instalados en la planta de Electrolux.	59
Figura 2-57 Montaje interno de coordinador con BAM en caja de policarbonato.	59
Figura 2-58 Diseño de montaje del coordinador en panel interior.....	60
Figura 2-59 Prueba de funcionamiento de coordinador con BAM montado en gabinete.....	60

Figura 2-60 Nodo montado en gabinete metálico.	61
Figura 2-61 Cableado de nodo de interior para Sopraval y Elextrolux.....	61
Figura 2-62 LemAcquas instalados en mastiles.....	65
Figura 2-63 Canalado de cables de conexión.....	65
Figura 2-64 Tablero eléctrico instalado en la caseta de riego donde se conectan los LemValves. .	66
Figura 3-1 PT100 industrial y adaptador de señal para 4-20 mA utilizados en laboratorio.	74
Figura 3-2 Perforado de soporte de acrílico.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Proyectos que realizó el alumno durante la práctica y pasantía.	20
Tabla 2-2 Pines de control de puertos SOL.....	30
Tabla 2-3 Desgloce de dirección IEEE	38
Tabla 2-4 Informe de control de calidad de LemWeather.	39
Tabla 2-5 Conexiones de cada sensor meteorológico en la placa Optimus 2.3	50
Tabla 2-6 Informe de control de calidad de sondas Lem.	63
Tabla 2-7 Informe con detalle de producción de LemControl Valve.	64

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A continuación, se presentan las siglas, abreviaturas y simbologías utilizadas en el escrito de acuerdo con las normas internacionales:

SIGLA

AC	:	Alternating Current (Corriente alterna).
ADC	:	Analog-Digital Conversion (Conversión análoga a digital).
BAM	:	Banda Ancha Móvil.
DC	:	Direct Current (Corriente continua).
DHCP	:	Dynamic Host Configuration Protocol (Protocolo de configuración dinámica de host).
GND	:	Ground (Tierra eléctrica).
ID	:	Identifier (Identificador).
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica).
LED	:	Light-emitting Diode (Diodo emisor de luz).
NTC	:	Negative Temperature Coefficient (Coeficiente negativo de temperatura).
PAN ID	:	Personal Area Network Identifier (Identificador de red de área personal).
PCB	:	Printed Circuit Board (Placa de circuito impreso).
SMD	:	Surface Mounted Device (Dispositivo de montaje superficial).
TCP	:	Transmission Control Protocol (Protocolo de control de transmisión).
TTL	:	Transistor-Transistor Logic (Lógica transistor a transistor).

SIMBOLOGIA

°C	:	Grados celsius (temperatura) .
A	:	Ampere (corriente).
dBi	:	Decibelios respecto a antena isotrópica (potencia de transmisión).
s	:	Segundo (tiempo).
V	:	Volt (voltaje).
W	:	Watt (potencia).

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la electrónica y las tecnologías que permiten el diseño y construcción de equipos electrónicos permite hoy en día el desarrollo de soluciones de alto impacto de forma bastante más sencilla que en el pasado. Este avance ha supuesto una integración de la electrónica en todos los ámbitos del quehacer humano y los sistemas de instrumentación y automatización han permitido un sostenido aumento de la eficiencia en el control de un sin número de procesos, inclusive en disciplinas tan poco relacionadas como la agronomía.

Siendo la agricultura una de las actividades más importantes para el país, es que la empresa nacional LemSystem SpA concibió la idea de optimizar procesos agrícolas donde anteriormente la implementación de soluciones tecnológicas de control y monitoreo eran casi nulas, provocando una gran cantidad de problemas e inconvenientes por error humano.

Bajo esta premisa es que el alumno comienza su proceso de práctica y pasantía en dicha empresa, donde se deben concretar los conocimientos y habilidades aprendidas en la Carrera en el desempeño de labores de producción y prueba de los equipos que la empresa comercializa y desarrolla en su Departamento de Producción, con el fin de entregar soluciones integrales a sus clientes.

Se pretende conocer todas las áreas que abarca el proceso industrial de producción y control de calidad de equipos electrónicos de monitoreo y control automático, así como las redes que los soportan y las implicancias técnicas de su fabricación. Esto, como experiencia laboral y académica, supone una gran oportunidad desde el punto de vista de integración al mundo laboral ya que abarca la producción, control, prueba y reparación de equipos

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA Y EL
ENTORNO DE TRABAJO

1 LEMSYSTEM SPA

Este capítulo describe la empresa en la que el alumno realizó su práctica industrial y su pasantía profesional. Se exponen características importantes de la empresa, como esta está compuesta en departamentos y los productos y servicios que ofrece.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

LemSystem es una empresa que fabrica y vende sistemas de monitoreo inalámbrico de telemétrica y telecontrol, principalmente para la industria agrícola y minera, con presencia en todo Chile, desde la Región de Arica hasta la Región de Los Lagos, incluyendo un proyecto realizado en la localidad peruana de Chiclayo.

Una de las principales características de la empresa es que diseñan y fabrican su propio hardware y software teniendo total control sobre el proceso productivo de los sistemas que venden. La segunda característica importante es la no venta de licencias de los softwares y plataformas que usan los sistemas, en cambio presta un servicio de asistencia post venta que permite a los clientes solucionar problemáticas que pudiesen presentarse con sus servicios y coordinar la asistencia técnica en terreno de ser necesario. Esto hace de LemSystem una de las escasas empresas en Chile en entregar un servicio integral de agricultura de precisión. A continuación, en la Figura 1-1, se muestra el logo de la empresa que está presente en los productos fabricados e instalados por esta.



Fuente: lemsystem.com

Figura 1-1 Logo de la empresa.

Su casa matriz tiene por ubicación la localidad de Viña del Mar, en la quinta región Valparaíso. Sus dependencias consisten en una casa de tres pisos (ver Figura 1-3) donde se encuentra el servicio de asistencia, las oficinas administrativas, bodegas, taller de producción y

departamento de desarrollo e investigación. Esta se encuentra en la calle Arlegui, número 246, frente a Fonasa como se puede observar en la Figura 1-2.



Fuente: maps.google.com

Figura 1-2 Mapa de la ubicación de la empresa.



Fuente: maps.google.com

Figura 1-3 Fachada de la empresa vista desde la calle.

La empresa posee como razón social la persona jurídica de LEM SYSTEM SPA la cual es una sociedad por acciones registrada bajo el RUT 76096169-8 y tiene por actividades económicas, que constituyen el giro de la empresa, las siguientes según Servicio de Impuestos Internos:

300010 – FABRICACIÓN Y ARMADO DE COMPUTADORES Y HARDWARE EN GENERAL

523930 – COMERCIO AL POR MENOR DE COMPUTADORAS, SOFWTARES Y SUMINISTROS

671929 – EMPRESAS DE ASESORÍAS, CONSULTORÍAS FINANCIERAS Y DE APOYO DE GIRO

1.1.1 Historia

La empresa fue fundada por David Berrios y Jorge Ulloa, ingenieros civiles telemáticos de la Universidad Técnica Federico Santa María y actuales gerentes comercial y de operaciones en LemSystem, respectivamente.

El proyecto nació en el año 2010 con apoyo del 3IE (Instituto Internacional para la Innovación Empresarial, institución que opera dentro de las dependencias de la Universidad) donde ambos socios generaron una plataforma de monitoreo inalámbrico de bajo consumo para medición de variables críticas y un software orientado a optimizar procesos con el objetivo de disminuir las pérdidas en la industria.

Con el contacto cercano con potenciales clientes en el área de la minería y agricultura se desarrollaron dos productos orientados a estas áreas. El primero es SmartMine, que consiste en un sistema de monitoreo de gases y posicionamiento del personal para gestionar peligros en minería subterránea. El segundo es LemSense, que consiste en un sistema de monitoreo de humedad y temperatura de suelo de cultivo, entre otras variables, que permite disminuir el riesgo agrícola - especialmente por fatiga hídrica – entregando información primordial para la mejora continua de las prácticas de cultivo.

Este último es el que se encuentra actualmente en desarrollo y producción añadiéndole distintos sistemas de monitoreo, soporte de red y control de actuadores para un manejo integral de las variables en cuestión. El primer proyecto de monitoreo agrícola inalámbrico fue montado en 200 hectáreas de paltos en la localidad de Chiclayo en Perú, como ya se mencionó, en el Proyecto Olmos para la Agrícola Alaya. En la Figura 1-4 a continuación se observa al equipo de técnicos encargados de la instalación realizada en Perú acompañados por el gerente general de la empresa



Fuente: lemsystem.com

Figura 1-4 Equipo de instalación en Perú junto al gerente general de la empresa.

Gracias a los buenos resultados obtenidos y la satisfacción de los clientes, dada las buenas proyecciones de la empresa, ingresaron cuatro nuevos socios con experiencia en los rubros agrícola, tecnológico y logístico en el año 2012. Para finales del mismo año la compañía fue reconocida con el primer lugar en el concurso 100K del banco Santander dentro de la categoría de empresa semilla.

1.2 VISIÓN

Ser una empresa líder en el desarrollo de soluciones tecnológicas de monitoreo y control de procesos industriales a través de la innovación y el talento de las personas que trabajan en la organización. Expandir esta posición de liderazgo a mercados internacionales gracias a la excelencia y confianza de sus sistemas.

1.3 MISIÓN

Entregar soluciones tecnológicas de monitoreo y control que eliminen la incertidumbre por falta de información y permitan tomar mejores decisiones, optimizar procesos, reducir costos y aumentar la productividad.

1.4 PRODUCTOS Y SERVICIOS

La tecnología *Lem* se basa en sistemas que integran elementos de desarrollo basados en la electrónica, en el software y las telecomunicaciones, que en su conjunto, permiten entregar soluciones tecnológicas integrales de alto valor agregado que satisfagan las necesidades del cliente, otorgándoles la información de forma clara y oportuna, así como la capacidad de control remoto, permitiéndoles mejorar la toma de decisiones.

Las aplicaciones desarrolladas por LemSystem transforman los datos recolectados por los equipos en información útil para los clientes. Gracias al software Optimus, el cliente puede acceder a la información en tiempo real desde computadores, smartphones o tablets, en forma fácil y amigable, en forma de gráficos y estadísticas que pueden ser exportadas en formato Excel o PDF y que hacen las mediciones de los sensores sencillas de leer.

Estos sistemas se basan en la distribución de nodos compuestos por sensores y equipos de telemetría en puntos estratégicos que tienen la capacidad de conectarse inalámbricamente entre sí de forma inteligente formando una red de protocolo Zigbee que se conecta vía internet a los servidores de la empresa, permitiendo el monitoreo y/o telecontrol continuo y en tiempo real. Un esquema básico de una red de estas características se puede observar en la Figura 1-5. De esta forma se logra una transmisión hasta a 3 kilómetros de distancia. Estos sistemas han demostrado gran robustez y confiabilidad en sistemas de monitoreo de gran envergadura incluso en entornos que presentan dificultades geográficas y climáticas.



Fuente: lemsystem.com

Figura 1-5 Esquema de red de monitoreo agrícola.

Esta tecnología se caracteriza por poseer como prestaciones:

- La medición en tiempo real de variables críticas, georreferenciada y con entrega de alertas de forma automática.
- El monitoreo, supervisión y control de modo remoto e inalámbrico.
- Ser equipos en su mayoría autónomos y de bajo consumo, siendo su principal fuente de alimentación la energía solar.
- Otorgar acceso web y local a la información por medio del software que desarrolla y dispone la empresa.
- Soporte permanente por medio del servicio postventa y el servicio técnico.

Las soluciones que actualmente la empresa ofrece a sus clientes son los sistemas que se describen a continuación, orientados principalmente a las áreas de agricultura e hidrología, y a la posible combinación de estos de acuerdo con las necesidades del cliente. Estos sistemas consisten en redes que compuestas por distintos equipos que la empresa fabrica en forma estándar, entre ellos se encuentran equipos de medición y control, sondas, routers y coordinadores a los que se les pueden realizar algunas modificaciones de ser necesario. La empresa también ofrece a la industria la realización de proyectos basados en estos equipos, pero adaptados a las necesidades de medición y control de los procesos.

1.4.1 LemSense

Es un sistema de monitoreo agrícola inalámbrico de humedad y temperatura de suelo y ambiente que permite medir en tiempo real la humedad y temperatura del suelo entre otras variables, generando ahorros importantes en recursos hídricos, energéticos y horas hombre de un 20% hasta un 30% aproximadamente, además de un aumento sustantivo en el rendimiento y calidad de los cultivos

1.4.2 LemBox

Es un sistema de monitoreo inalámbrico de casetas de riego que mide los tiempos de funcionamiento de todas las variables de una caseta de riego. Permite corroborar los tiempos de uso de las bombas, conocer que sectores se regaron, que caudal se ingresó, la energía consumida y

el fertirriego. Así, genera valiosos informes estadísticos y gráficos descargables en planillas Excel o PDF.

1.4.3 LemControl

Es un sistema de control inalámbrico remoto y local de casetas de riego que permite accionar a través de un software de fácil uso, ya sea de forma local o remota las distintas funciones de la caseta. Sumado a LemSense y LemBox, permite evaluar y actuar remotamente.

1.4.4 LemValve

Es un sistema de control inalámbrico de válvulas que permite activas remotamente las válvulas solenoides de riego incluso de forma independiente, reemplazando el cable de cobre. Mediante un transmisor instalado en el equipo de riego, LemValve envía una señal inalámbrica a los receptores que activan o desactivan las electroválvulas. Sensores de presión conectados al sistema permiten detectar fallas o mal uso.

1.4.5 LemAqqua Canal

Es un sistema de monitoreo y control inalámbrico de canales en tiempo real que utiliza sensores ultrasónicos para medir el nivel y el caudal en una sección de aforo y permite controlar compuertas a distancia.

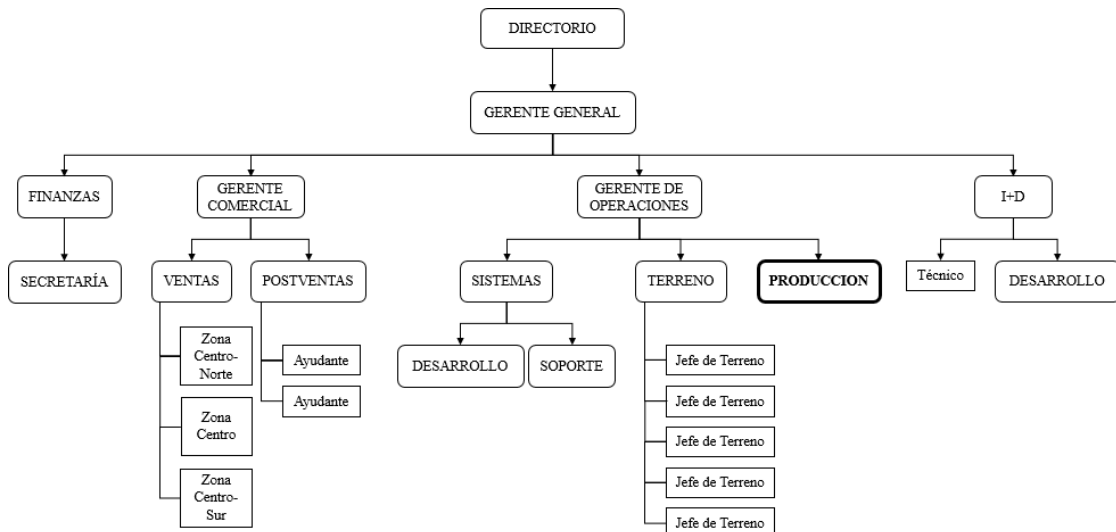
1.4.6 LemAqqua Pozo

Es un sistema de monitoreo y control inalámbrico de pozos profundos que permite medir en tiempo real el nivel estático y dinámico del pozo para optimizar el uso de las bombas, que pueden ser operadas y programadas a través de este mismo sistema.

1.5 ORGANIGRAMA

LemSystem al ser una sociedad por acciones, las decisiones principales son tomadas por un directorio compuesto por los accionistas mayoritarios de la empresa, sin embargo, en términos administrativos, posee un gerente general que dirige la empresa. Por debajo del gerente general se encuentran los cuatro departamentos que componen la empresa; Finanzas, Departamento Comercial, Departamento de Producción e Investigación y Desarrollo.

Dentro del Departamento de Operaciones se encuentra el área de producción, que es donde el alumno realiza la mayoría de las actividades correspondientes al periodo a su estancia como practicante y pasante. A continuación, se presenta en la Figura 1-6 un diagrama de la empresa donde se muestra la organización interna y la jerarquía existente entre los elementos y departamentos que la componen, así mismo, se destaca la ubicación del Departamento de Producción dentro del organigrama, donde el alumno desempeñara sus labores, y que permite comprender de manera implícita su ubicación dentro de la empresa y las jefaturas que se encuentran por encima.



Fuente: elaboración propia según indicaciones del gerente comercial.

Figura 1-6 Organigrama de la empresa.

1.5.1 Finanzas

El primer departamento corresponde al de finanzas. Como en toda empresa, este departamento está encargado de la administración de los recursos financieros de la empresa y de

llevar el registro de ingresos y egresos de ella. Está encabezado por la contadora de la empresa y bajo ella la secretaria general.

1.5.2 Departamento Comercial

Encabezado por el gerente comercial de la empresa, este departamento está encargado de atender a los clientes que buscan los servicios o ya han adquirido un producto de LemSystem (ver Figura 1-7) como la difusión y promoción de sus servicios.

Se encuentra dividido en dos partes, el área de ventas, seccionada por clientes de acuerdo con la zona del país que se encuentran sus campos y/o predios (zona centro-norte, centro y centro sur), y el área de postventa, encargada de la atención de clientes que ya poseen un producto o servicio de la empresa, coordinando la asistencia técnica telefónica y las asistencias técnicas en terreno. Cada área está a cargo de un jefe de área que dirige el trabajo de su área y coordina las acciones y decisiones con las otras áreas de producción, I+D y finanzas bajo la supervisión de los gerentes de departamento.



Fuente: lemsystem.com

Figura 1-7 Principales clientes de la empresa.

1.5.3 I+D

El departamento de desarrollo e investigación, comúnmente llamado I+D, se encarga de trabajar en el diseño de nuevos equipos y en el desarrollo de los equipos que actualmente produce la empresa y sus firmwares. así como la solución de problemas con el hardware y/o software de

dichos equipos. Estas tareas se realizan en conjunto con el departamento de operaciones, donde las fallas o falencias detectadas tanto en producción, sistemas o terreno son informadas.

1.5.4 Departamento de Operaciones

El departamento de operaciones es quien trabaja directamente con los sistemas y proyectos que son instalados en las dependencias de los clientes, encargándose de la plataforma que permite almacenar y visualizar los datos, de la instalación y montaje de los sistemas en terreno y su producción y control de calidad. En este sentido es que se compone de las siguientes tres áreas, como se aprecia en el organigrama; sistemas, terreno y producción.

El área de sistemas se encarga principalmente del soporte técnico, que mantiene el adecuado funcionamiento del software que usan los clientes para visualizar los datos y su servidor, y del desarrollo de dichos softwares y aplicaciones que son utilizadas por el cliente final.

El área de terreno está encargada de las visitas técnicas que definen las ordenes de producción y la instalación de los sistemas ya fabricados, así como efectuar las reparaciones necesarias. Está compuesta por cinco jefes de terreno que, acompañados de un técnico ayudante, forman un equipo de trabajo que viaja hasta las localidades donde se deben realizar labores descritas.

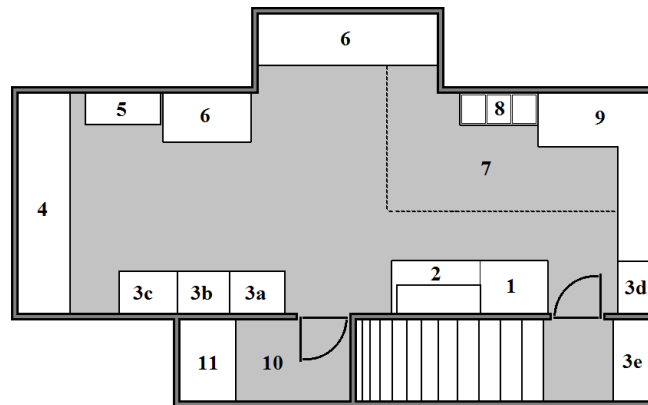
Finalmente, el área de producción, compuesta por el taller y laboratorio, es en donde se fabrican los productos que posteriormente se instalan en los campos de los clientes y donde se les realiza el control de calidad y las pruebas de funcionamiento para asegurar la correcta operación de los equipos y de los sistemas que conforman. Aquí es donde, como ya se mencionó, el alumno realiza la mayoría de las actividades de la pasantía.

1.6 ÁREA DE PRODUCCIÓN

Es la parte del departamento de operaciones que es responsable de fabricar los equipos que conforman los sistemas que la empresa ofrece a sus clientes. Se tiene como responsabilidad el montaje de los equipos, el soldado de algunas piezas y el cableado de las placas de circuito que van dentro de las carcasas, el control de calidad de todas de sus partes y de revisar el correcto funcionamiento del equipo de forma individual y dentro del sistema.

El espacio de trabajo está formado por una habitación adaptada para funcionar como taller y laboratorio al mismo tiempo, se encuentra separada en áreas de trabajo designadas, donde se realizan las tareas de armado y prueba, posee mesones de trabajo, un baño y espacios destinados al

almacenar el stock en tránsito (equipos que se encuentran pronto a ser instalados y que están en el taller por tareas de prueba, reparaciones o actualización), las herramientas y los insumos necesarios para el desarrollo de todas las actividades correspondientes con su función. En la Figura 1-8 se observa la distribución del espacio del taller a modo de diagrama.



Fuente: elaboración propia como parte de las labores de pasantía.

Figura 1-8 Layout del taller de producción.

A continuación, se detalla la distribución del taller:

1. Escritorio de jefe de producción
2. Mesón de testing.
3. Gabinetes de materiales.
 - A: conectores, abrazaderas y partes eléctricas de carcasas.
 - B: tornillos, remaches, soportes, materiales de construcción y varios.
 - C: placas electrónicas separadas en; sin soldar, con chequeo y por reparar.
 - D: cables.
 - E: baterías.
4. Mesón de soldado de placas y cableado.
5. Cajonera de terminales, componentes electrónicos y partes de ensamble de placas.
6. Mesones de trabajo y ensamble.
7. Área de almacén en tránsito.
8. Sondas para testing o reparación.
9. Mesón de trabajo pesado.
10. Baño.
11. Almacén de herramientas pesadas (Taladros, martillos, etc.).

La fabricación de los equipos se realiza básicamente por dos métodos de producción; producción por lote y fabricación artesanal. Esto significa que cada equipo completamente terminado es manufacturado por los miembros del equipo de producción al detalle, mientras que varias partes que conforman los equipos y que se procesan en el taller, son fabricadas en serie y en mayor cantidad para ser utilizadas posteriormente en el ensamble.

Los equipos que conforman un sistema a instalar y que fueron adquiridos por un cliente se ensamblan al recibir la orden de producción proveniente del jefe del área de ventas, donde se detalla que equipos conforman el sistema, cuantos y características de instalación. Previamente a la fabricación de las ordenes de producción, o en paralelo, se realizan producciones trimestrales de equipos con el objetivo de poseer un stock constante en caso de ser necesaria la sustitución de un equipo o para ser usados en ordenes de producción. En este último caso el equipo solo requiere que se le instale la electrónica y se le haga la prueba de funcionamiento correspondiente.

1.7 EQUIPOS PRESENTES EN EL TALLER

En esta sección del trabajo se describen los equipos que se encuentran en el taller con los que el alumno trabajó durante el periodo de pasantía que fueron de importancia en el desempeño de sus labores y no fueron vistos con anterioridad en el contexto de laboratorio durante los estudios realizados en la universidad.

1.7.1 Ersa i-con Nano / Pico

Ersa es uno de los principales fabricantes de estaciones para soldar profesionales. Estos dos modelos, que se pueden apreciar en la Figura 1-9, corresponden a estaciones para soldar digitales, lo que permite que el usuario configure los parámetros de temperatura (temperatura mínima, máxima, de trabajo y standby) de la estación entre 150 °C hasta 450 °C de forma manual, vía PC o por medio de una memoria microSD. Alcanzan la temperatura de trabajo en aproximadamente 9 segundos, sus puntas son intercambiables, son pequeñas y livianas y ambas están diseñadas para apagarse de forma automática al no ser utilizadas. La única diferencia entre ambas es que mientras la versión Nano posee un diseño antiestático, la versión Pico no tiene esa característica.



Fuente: kutzersa.com

Figura 1-9 Estaciones de soldar Ersa i-con Nano y Ersa i-con Pico.

1.7.2 Atten 936

La Atten 936 es una estación para soldar automática que permite ajustar la temperatura de la herramienta de soldado entre los 150 °C y los 480 °C, llegando a la temperatura en 20 segundos aproximadamente. Posee un LED indicador que permite conocer el estado de la estación; siempre encendido indica que la punta se está calentando y parpadeando que la punta ha alcanzado la temperatura seleccionada y se mantiene constante. Esta estación posee un sistema de retroalimentación que se encarga de mantener la temperatura de trabajo con una diferencia de hasta $\pm 1^\circ\text{C}$. En la Figura 1-10 se presenta una fotografía de la estación con su punta y soporte.



Fuente: sparkun.com

Figura 1-10 Estación de soldar Atten 936.

1.7.3 Atten 850B

Esta es una estación de aire caliente, con diseño antiestático, para desoldar componentes superficiales (SMD) y Through Hole de placas de circuito. Posee dos controles, que se pueden ver en la Figura 1-11, para configurar la temperatura del aire, entre 100 °C y 480 °C, y su presión en caso de trabajos demandantes. Tiene una bomba interna conectada a la pistola de boquilla intercambiable.



Fuente: s4.bukalapak.com

Figura 1-11 Estación de desoldado con pistola de aire caliente Atten 850B.

1.7.4 Agilent u8001a

La Agilent U8001A, que se observa en la Figura 1-12, es una fuente regulada variable de 30V/3A diseñada para propósitos de precisión con una regulación de carga del 0,01% +2mV y 0,02% + 2mA. Permite ajustar el voltaje y/o la corriente de la salida con una resolución de 10 mV y 10 mA y una respuesta transiente de 50µs. También posee protección contra sobre corriente y sobre voltaje que pueden ser activadas y sus valores ajustados desde la consola. La consola tiene un sistema de bloqueo automático, siendo necesaria activarla de forma manual y que después de un tiempo sin usar se bloquea, diseñado para evitar errores causados por un manejo accidental de sus controles. La fuente posee tres memorias que permite guardar estados de operación, que pueden ser reescritas y llamadas por el usuario.



Fuente: s4.bukalapak.com

Figura 1-12 Fuente de voltage variable Agilent U8001A.

1.7.5 CC2531 USB Dongle Sniffer

Este es un capturador de paquetes USB para protocolo Zigbee basado en el integrado CC2531 y que viene programado para ser utilizado con el software Packet Sniffer de Texas Instruments. Posee una antena inserta en la PBC, que se puede observar en la Figura 1-13, con diseño de F invertida con ganancia máxima de 5.3 dBi en condiciones ideales y una pequeña interfaz de dos botones, dos LEDs indicadores y un conector que permite interactuar directamente con el integrado.



Fuente: manual de usuario del dispositivo de Texas Instruments.

Figura 1-13 Sniffer USB CC2531 Dongle.

**CAPÍTULO 2: ROL DEL ALUMNO Y ESTADÍA PROFESIONAL EN LA
EMPRESA**

2 ESTADÍA PROFESIONAL EN LA EMPRESA

Este capítulo describe en forma detallada las tareas realizadas por el alumno, así como las responsabilidades adoptadas por él, durante el período de práctica industrial y pasantía realizados en la empresa.

Se exponen los procesos de fabricación y prueba de los equipos que el alumno debió aplicar al desempeñarse dentro del taller como parte del equipo de producción, así como las características de las placas y equipos que debió fabricar y probar. También se describen algunos proyectos y actividades específicas de relevancia o que sirvieron de apoyo, tanto en el departamento, como en otras áreas de la empresa.

2.1 ROL DEL ALUMNO

El alumno fue incorporado durante el tiempo de práctica industrial al Área de Producción, dentro del Departamento de Operaciones, de la empresa LemSystem SpA como asistente técnico en el taller y laboratorio de producción, desempeñando tareas específicas de armado y prueba de placas de circuito y de algunos equipos como apoyo al resto de los miembros del equipo de producción.

Posterior a eso, ya cumpliendo con el periodo de pasantía dentro de la empresa, es que el alumno fue integrado directamente como parte del equipo de producción, asignándole tareas de mayor responsabilidad dentro del proceso productivo, donde debe desempeñarse en forma autónoma, respondiendo a requerimientos directos por parte del jefe de producción y el gerente de operaciones en la fabricación y prueba de partes, equipos y proyectos completos. En la Tabla 2-1 se observa el extracto de un documento que corresponde a las órdenes de producción que llegan al departamento donde se presenta el detalle de las ordenes, el estado de los equipos, la fecha de llegada de la orden de producción y la fecha de entrega de los equipos.

Las ordenes de producción presentadas en el extracto corresponden a las que el alumno fue responsable de fabricar y gestionar, al comienzo, durante la práctica encargándose de la producción o control de calidad de una parte de los equipos de la orden de producción, y posteriormente en la pasantía siendo responsable de la fabricación y/o control de calidad de la totalidad de los proyectos que se encuentran destacados en la tabla.

Tabla 2-1 Proyectos que realizó el alumno durante la práctica y pasantía.

Proyecto	Estado	Detalle	Llegada	Entrega
OP Sam Telmo Nogales	Instalado	1 LemControlPlus	28-09-17	12-10-17
OP Jaime Santibañez	Instalado	3 LemSense + 1 CRD	05-10-17	19-10-17
OP Pedegua	Instalado	2 LCV + 1 PC + 5 LV2 + 1 LV2 + 5 LV4 + 1 CRD + 2 RTR	20-10-17	20-10-17
OP Javier Valdez	Instalado	1 LemBox + 8 LemSense (T°) + 1 CRD + 1 RTR	11-10-17	25-10-17
OP Vista Hermosa	Instalado	1 LemWeather	13-10-17	27-10-17
OP Montolin	Instalado	2 LemAqcuca + 7 LemBox + 8 LemSense + 1 CRD + 2 RTR	16-10-17	30-10-17
OP Moss	Instalado	1 LemWeather + 1 CRD	31-10-17	14-10-17
OP Semillero	Instalado	4 LemSense + 1 RTR + 1 CRD	10-11-17	01-11-17
OP Alto Panquehue	Instalado	1 LemSense Aquacheck	20-11-17	24-11-17
OP Viña Alquihue	Listo	1 LCV + 1 PC + 1 LemWeather + 5 LemSense + 4 LV2 + 3 LV3 + 7 LV4 + 1 CRD + 1 RTR	28-10-17	-
OP Agrotoc	Instalado	3 LemSense + 1 CRD	06-12-17	20-12-17
OP Alto Panquehue	Instalado	7 LCV + 18 LV2 + 9 LV3 + 14 LV4 + 7 LemBox + 11 RTR + 4 CRD	13-12-17	27-12-17
OP Urcelay	Instalado	1 LemWeather	14-12-17	28-12-17
OP Electrolux	Instalado	14 LemSense + 3 CRD + 1 RTR	18-12-17	28-12-17
OP Sopraval	Instalado	7 LemSense (T°) + 1 RTR + 1 CRD	22-12-17	05-01-18
OP Santa Matilde	Instalado	3 LemSense + 1 CRD (BAM3G)	26-12-17	09-01-18
OP Mario Gaete	Instalado	3 LemSense + 1 CRD (BAM3G)	27-12-17	10-01-18
OP Santa Macarena	Instalado	2 LemBox + 8 LemSense + 1 CRD + 1 RTR	29-12-17	23-02-18
OP Alicura	Stand By	6 LemSense + 1 RTR	02-01-18	-
OP Francisco Vial	Instalado	1 LemWeather + 2 LemSense + 1 CRD	04-01-18	18-01-18
OP Agrofruta	Instalado	1 LemWeather	08-01-18	22-01-18
OP Univiveros	Instalado	1 LemSense + 1 LemWeather + 1 CRD	16-01-18	02-02-18
OP SanTelmo	Instalado	1 LemControl Plus + 1 RTR	22-01-18	05-02-18
OP El Carrizo	Instalado	2 LemSense	22-01-18	02-03-18
OP Baracaldo	Instalado	2 LemSense	25-01-18	02-03-18
OP Quilhuica	Instalado	4 LemSense + 1 CRD	05-01-18	02-03-18
OP San Ignacio	Instalado	2 LemSense	19-02-18	02-03-18
OP Santa Alejandra	En producción	3 LemSense iCRD	19-02-18	-
OP Chiliviveros	En producción	3 LemSense (sonda 1.2 mts) + 6 Mastiles 12 mts	05-02-18	-
OP Alborada	En producción	2 LemControlPlus + 3 LemSense (1 T°) + 1 CRD + 1 RTR	12-02-18	-

Fuente: extracto de Excel de ordenes de producción.

2.2 SOFTWARES USADOS EN EL CONTROL DE CALIDAD

En las pruebas de calidad y configuración de los equipos y placas que el alumno realizó se utilizan principalmente tres softwares. El SmartRFStudio que es un software que permite escribir y borrar las memorias de distintos tipos de integrados de Texas Instruments por medio de un grabador USB y que se utiliza para cargar el firmware y configurar la dirección IEEE en los GBan.

Otro software es el PacketSniffer, que permite visualizar el tráfico de paquetes, como se muestra en la Figura 2-1, entre dispositivos encendidos dentro del taller al momento de realizar el control de calidad de una red o de un equipo en particular. Este software muestra los paquetes que son transmitidos en un canal determinado y entrega datos como el ID de destino, el ID de procedencia, el PAN ID de la red, la intensidad de señal, el tipo de dato, la longitud del paquete de datos, los paquetes de carga y el número de secuencia del paquete enviado.

Length	Frame control field					Sequence number	Dest. PAN	Dest. Address	Source Address	Data request	LQI	FCS
12	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB0	0x0001	0x0000	0xC5F9		78	OK
CMD	0	0	1	1								
s)	Length	Frame control field					Sequence number	LQI	FCS			
812	5	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB0	113	OK			
ACK	0	0	0	0	0							
Length	Frame control field					Sequence number	Dest. PAN	Dest. Address	Source Address	Data request	LQI	FCS
12	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB1	0x0001	0x0000	0xC5F9		84	OK
CMD	0	0	1	1								
s)	Length	Frame control field					Sequence number	LQI	FCS			
626	5	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB1	110	OK			
ACK	0	0	0	0	0							
Length	Frame control field					Sequence number	Dest. PAN	Dest. Address	Source Address	MAC payload		
90	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB2	0x0001	0x0000	0xC5F9	H*****m4000*`*D*****		
DATA	0	0	1	1								
s)	Length	Frame control field					Sequence number	LQI	FCS			
461	5	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB2	113	OK			
ACK	0	0	0	0	0							
Length	Frame control field					Sequence number	Dest. PAN	Dest. Address	Source Address	Data request	LQI	FCS
12	Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr	0xB3	0x0001	0x0000	0xC5F9		78	OK
CMD	0	0	1	1								

Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno.

Figura 2-1 Visualización de paquetes de datos en Packet Sniffer.

Y finalmente esta Cygwin, que es una terminal de comandos UNIX que permite acceder a los datos provenientes de los equipos coordinadores y que son almacenados en el servidor de la empresa, corroborando la correcta transmisión de datos de un equipo y que su funcionamiento y lecturas sean óptimas. Para acceder a dicho servidor se hace una petición de conexión, a lo que la terminal pide la contraseña del servidor, ya conectado a él ingresando de forma correcta la contraseña, se utilizan dos comandos muy similares para pedir los datos de un equipo indicando su ID y así poder visualizar los datos de los paquetes que él envía. El primero es el comando *sh datos*, que permite observar los datos enviados por un ID específico en un margen de tiempo indicado desde el instante en que se ejecuta el comando, y el segundo comando es *watch sh datos*, que permite monitorear los datos de dicho ID con un tiempo de actualización.

Los paquetes que se rescatan del servidor se componen de varios datos ordenados con distinta información. El primer dato siempre indica el tipo de paquete que es; *i* de conexión, *m* de datos y *r* de retransmisión, después se indica el número de secuencia del paquete y tercero el ID del equipo. Estos tres datos son estándar para todos los equipos, el resto de los datos depende el tipo de paquete y del firmware cargado en los equipos, pero generalmente corresponden a la medición de su batería, la intensidad de la señal y las lecturas obtenidas en los puertos del GBan. En la Figura 2-2 se observa el comando *sh datos* ejecutado para observar los paquetes enviados por una estación meteorológica instalada en terreno.

```

lemspa@LEM-05-LON-VPS01: ~
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ sh datos 1000000000 2107 -index3
awk: warning: escape sequence '\/' treated as plain '/'
awk: warning: escape sequence '\?' treated as plain '?'
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:08:39 ?m 1 2107 0 86 233 188 913 17.12 80.76 0.968
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:09:40 ?i 1 2107 913 52010 0 102 -52 101 4.736
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:18:40 ?m 2 2107 0 1119 92 213 913 17.14 80.34 1.746
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:28:40 ?m 3 2107 0 2262 33 267 914 17.44 79.54 1.193
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:38:41 ?m 4 2107 0 3768 22 393 913 17.79 78.07 0.942
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:48:41 ?m 5 2107 0 5069 1026 957 913 18.61 75.69 1.094
191.116.125.189 23/Jan/2018 11:58:42 ?m 6 2107 0 6504 140 803 911 18.84 73.45 1.26
191.116.125.189 23/Jan/2018 12:08:42 ?m 7 2107 0 8037 222 448 911 18.95 72.63 1.17
191.116.125.189 23/Jan/2018 12:18:43 ?m 8 2107 0 9542 221 997 911 19.11 73.58 3.94
191.116.125.189 23/Jan/2018 12:28:43 ?m 9 2107 0 11062 207 929 910 19.74 71.01 1.131
191.116.125.189 23/Jan/2018 12:38:44 ?m 10 2107 0 12500 189 931 909 20.69 39 0.904
191.116.125.189 23/Jan/2018 12:48:44 ?m 11 2107 0 13945 28 948 909 20.49 67.65 4.106
191.116.125.189 23/Jan/2018 12:58:45 ?m 12 2107 0 15405 22 945 908 20.87 67.1 1.131
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:08:45 ?m 13 2107 0 17204 139 959 908 21.14 65.42 1.013
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:09:47 ?i 2 2107 908 52010 0 102 -52 101 0.999
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:18:46 ?m 14 2107 0 19006 198 974 908 21.41 63.97 1.727
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:28:46 ?m 15 2107 0 20900 32 979 907 21.85 62.86 1.225
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:38:47 ?m 16 2107 0 22773 150 977 906 22.09 62.93 1.273
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:48:47 ?m 17 2107 0 24465 282 976 906 22.82 59.85 2.705
191.116.125.189 23/Jan/2018 13:58:48 ?m 18 2107 0 25862 1675 983 905 23.07 59.68 1.211
191.116.125.189 23/Jan/2018 14:08:48 ?m 19 2107 0 27943 1696 977 905 23.05 58.72 0.897
191.116.125.189 23/Jan/2018 14:17:50 ?m 20 2107 0 29745 220 980 905 nan nan 1.241
191.116.125.189 23/Jan/2018 14:27:51 ?m 21 2107 nan 29750 199 976 904 23.39 58.01 1.15
191.116.125.189 23/Jan/2018 14:37:51 ?m 22 2107 0 33501 678 973 904 24.38 55.61 1.14
191.116.125.189 23/Jan/2018 14:47:52 ?m 23 2107 0 35596 317 956 903 24.38 54.04 1.23
191.116.125.189 23/Jan/2018 14:57:52 ?m 24 2107 7 37438 23 951 903 24.78 53.34 85.026
191.116.125.189 23/Jan/2018 15:07:53 ?m 25 2107 18 39348 43 922 902 25.48 48.29 84.112
191.116.125.189 23/Jan/2018 15:08:54 ?i 3 2107 902 52010 0 104 -52 102 1.069
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$

```

Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno.

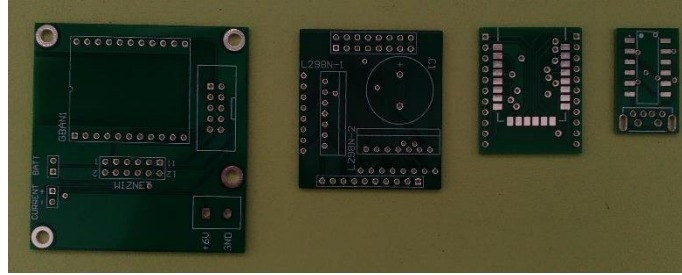
Figura 2-2 Visualización de datos del servidor en Cygwin.

2.3 FABRICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE PLACAS

Los equipos que se fabrican en la empresa son conformados por placas de circuito impreso que son diseñadas principalmente por el departamento de I+D de la empresa y que son fabricadas en el extranjero, como las que se pueden observar en la Figura 2-3. La mayoría de las PCB usadas en el montaje de los equipos se ensamblan en el taller, a excepción de algunos casos particulares que se describen más adelante. Junto con esos trabajos de ensamble, en el Departamento de Producción se realizan las pruebas de funcionamiento correspondientes a cada placa y se realiza el catastro correspondiente.

En esta sección se describen las placas de circuito que el alumno debió fabricar y/o probar en el contexto de apoyo al equipo en la producción de los proyectos. Se detalla la funcionalidad de la placa, sus características, el montaje en caso de haberlo realizado el alumno, y las pruebas de calidad que el alumno realizó a las placas de circuito con el objetivo de la producción de un proyecto.

En el proceso de control de calidad, a todas las placas correctamente testeadas se le asigna un ID, que es indicado en la placa con un número adhesivo, y se le marca al pasar el control de calidad con un adhesivo escrito con un QA como se ve en la Figura 2-4. De esta forma, se registra en los archivos Excel de control de calidad las placas en buen estado, las que presentan un problema y describiendo cuál fue el desperfecto encontrado en la prueba de calidad.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-3 Placas PCB sin soldar. De derecha a izquierda; ADC Adapt, GBan LP, Valve Adapt y CRD-RTR.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-4 Placa Optimus con adhesivo de control de calidad realizado.

2.3.1 GBan HP y LP

El GBan es una placa basa en el microprocesador integrado CC2530, que posee funciones de transmisor de radiofrecuencia y que funciona con un nivel lógico de 3,3V. Sus características de consumo y funcionamiento lo hacen ideal para aplicaciones de telemetría, permitiendo la captación de datos y su transmisión a otros equipos por medio del protocolo Zigbee.

El integrado es soldado en el taller a dos tipos de módulos muy similares, compuestos por una PCB y sus pines de conexión, que permiten conectarlo los slots de las otras PCB, existe una versión High Power (ver Figura 2-5) que posee un circuito transmisor con una antena incorporada en la PCB, dándole más potencia a la señal de radio, y placa Low Power (ver Figura 2-6) que no lo posee necesitando una antena de 10 dBi en vez de 8 dBi para su correcto funcionamiento en terreno, esto pensado para entornos donde el ruido electromagnético pueda afectar el funcionamiento del integrado.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-5 GBan HP con antena en PCB.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-6 GBan LP sin antena en PCB.

El integrado es programado de manera individual con un firmware diseñado por I+D, para los diferentes tipos de equipos en los que se instala y que permite su correcto funcionamiento y comunicación dentro de la red.

La prueba de funcionamiento que el alumno debió realizar a más de 100 de estos módulos es bastante sencilla, la versión HP se conecta a una placa Optimus, mientras que la LP a una LemBox, y se mide a través de la placa el consumo de corriente del GBan, que en modo SLEEP debe ser cercano a los 2 mA y al establecer conexión con otro equipo no supere los 35 mA. Para verificar su correcto funcionamiento y transmisión se observa en el Packet Sniffer que sus paquetes muestren un LQI de a lo menos 150 dBi con antena -o 90 dBi sin ella- y corroborando que dichos paquetes llegan efectivamente al servidor por medio de Cygwin. Para observar el envío de paquetes con una frecuencia de envío que permita su prueba el GBan se programa con el firmware de un nodo configurado para enviar paquetes de datos cada 30 segundos.

2.3.1.1 Calibración de ADC en GBan

El GBan posee siete entradas capaces de realizar conversión análoga-digital (ADC), pero para asegurar su buen funcionamiento no se usan más de cinco. Estas entradas no poseen la precisión necesaria para la lectura de algunos sensores como los de temperatura de tipo NTC, entre otros. A causa de esta característica del microprocesador se hace necesario realizar una calibración para corregir su desviación estándar. Al alumno se le instruye en el proceso de calibración que se realiza conectando un GBan a una placa Optimus versión 1.2, como se observa en la Figura 2-7, y que a diferencia de la ahora utilizada versión 2.3 que necesita una placa adaptadora en sus entradas ADC, la versión 1.2 posee entradas directas a los pines de ADC del GBan, de los cuales se utilizan cinco entradas y se les aplica seis valores de voltajes distintos comprendidos entre 0,09V y 1,15V, además se mide al umbral de voltaje en que el puerto ADC del GBan se satura y marca un valor de 2046, que corresponde al valor decimal máximo de su resolución.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

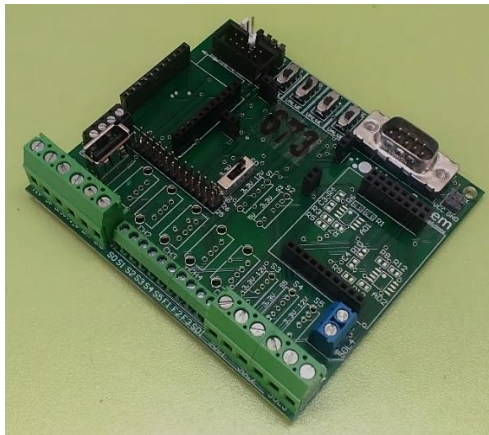
Figura 2-7 Proceso de calibración de un GBan.

Para cada uno de los valores de voltaje que se ingresa en las entradas ADC, el alumno debió registrar siete muestras en el tiempo, de las cuales se descartan la primera y la última. Con las cinco muestras restantes de cada valor voltaje medido, se llena la tabla de la hoja correspondiente al GBan que se está calibrando, en el archivo Excel de calibraciones. Por motivos de precisión, el voltaje que es registrado se recoge del multímetro marca Fluke que está disponible en el taller en vez del display de la fuente de alimentación. Con las tablas de dicho archivo y el valor de saturación, se genera una matriz en Matlab rellenando un archivo de cálculo ya existente con los valores del Excel y que posteriormente se linealiza. Los factores obtenidos de dicha operación son utilizados por el área de software para corregir el error de las lecturas en terreno al

momento que el cliente desee visualizar dichas mediciones y para ser usados de base en las calibraciones de sensores (en su mayoría de temperatura ambiente tipo NTC).

2.3.2 Optimus 2.3

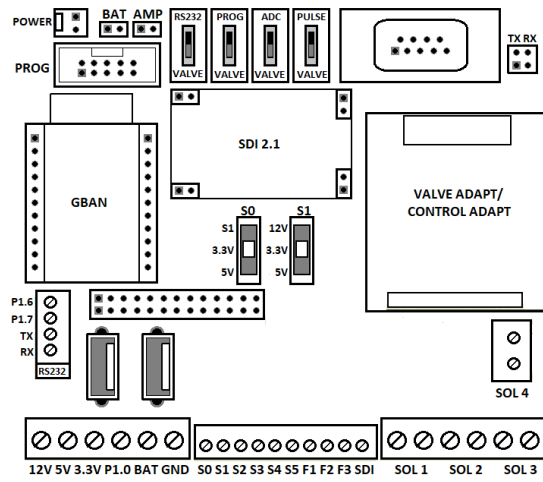
Esta PCB es la placa base de la gran mayoría de los equipos que ofrece la empresa y funciona con una alimentación de 6V a 12V. Es una placa modular que permite la incorporación de placas adaptadoras con el objetivo de fabricar nodos de telemetría con distintos propósitos y capaces de transmitir los datos recolectados de los distintos sensores, tanto por radiofrecuencia, como por cable. En la Figura 2-8 se muestra una placa Optimus de las que actualmente se usan para fabricar los equipos y de las cuales el alumno debió fabricar un lote de 25 placas durante la pasantía y realizar la prueba de calidad que se describe más adelante a varios lotes de placas para la instalación en equipos.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-8 Placa Optimus Versión 2.3

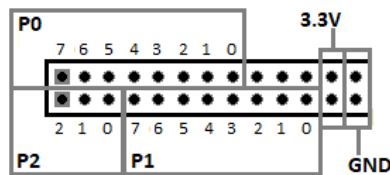
La placa tiene soldado un socket para las placas adaptadores, uno para el GBan y uno para la conexión de alimentación. Los switches que se encuentran en la parte superior permiten habilitar distintas funciones, como la programación del microcontrolador, la comunicación RS232, los canales ADC, de pulso y los canales valve, para la activación de solenoides. Su correcta configuración es importante para el funcionamiento de las placas adaptadoras en relación con la Optimus.



Fuente: esquema realizado por el alumno para el trabajo.

Figura 2-9 Diagrama de conexiones de placa Optimus 2.3.

Como se observa en la Figura 2-9, los conectores T-block se dividen principalmente en tres secciones. La primera permite acceder a los reguladores inteligentes conmutados por el Gban, a la alimentación de la batería y a la tierra de la PCB. La segunda sección permite la conexión a los canales S, usados para conexiones de sensores que requieren de ADC, sobre los que se encuentran los conectores USB para las ADC Adapt de cada canal S y los switches que permiten habilitar niveles de voltaje de referencia de 3,3V y 5V en ellos. En la tercera sección se encuentran los puertos SOL usados para los canales Valve para la conexión de solenoides, finalmente, la regleta de pines, que se muestra en la Figura 2-10, permite el acceso directo a los puertos del Gban, 3,3 V y GND. Con esto se puede simular la activación de ciertos pines para pruebas de placas y permite la conexión de distintas señales seriales y de pulso provenientes de los sensores.

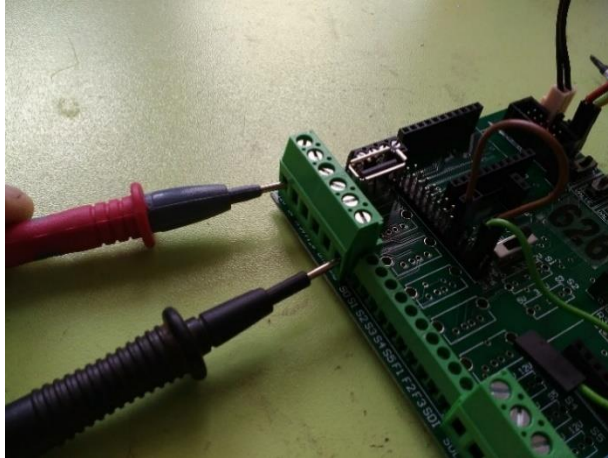


Fuente: esquema realizado por el alumno para el trabajo.

Figura 2-10 Diagrama de pines de la regleta de la placa Optimus.

El proceso de prueba de esta placa se realiza corroborando que un Gban previamente testado funcione correctamente al ser conectado en el slot, que su consumo sea el adecuado y que,

al habilitar la programación en la Optimus, el GBan se pueda grabar. Punteando el pin1_2 de la regleta a los 3,3V se habilitan los reguladores inteligentes de la placa y puenteándolo a GND estos se deshabilitan, en la Figura 2-11 se muestra la corroboración del encendido o apagado de los reguladores inteligentes y como se encuentran habilitados en la regleta.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-11 Medición de voltaje de reguladores inteligentes.

Sin el GBan instalado, se prueba su funcionamiento y se monitorea el consumo de la placa que, al estar encendidos, debe ser de aproximadamente 0.9mA, mientras que apagados su consumo debe ser cercano a los 11 μ A. Al mismo tiempo se verifica que en el pin 1 del conector del grabador estén siempre presentes 3,3V, provenientes del regulador general de la placa, independiente de si los reguladores inteligentes ese encuentre habilitados o no. Al estar encendidos los reguladores, debe estar presente un voltaje de aproximadamente 0.9V en el pin 0_6 de la regleta de pines que indica una correcta medición del voltaje de la batería. Finalmente se prueba el funcionamiento de los canales valve instalando una Valve Adapt y realizando una prueba de los puertos SOL como se describe a continuación.

2.3.3 Valve Adapt

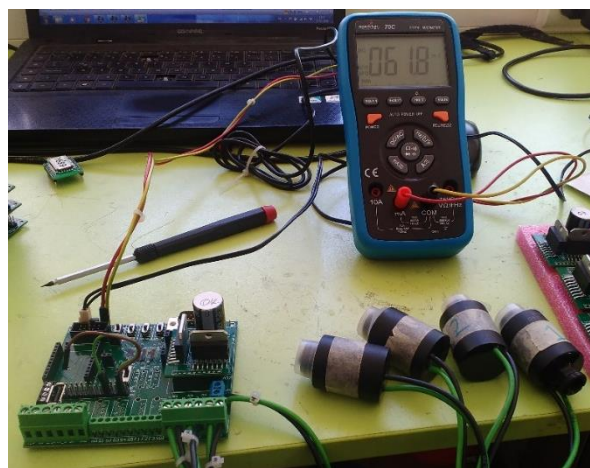
Esta placa adaptadora, que se observa en la Figura 2-12, consiste en dos puentes H (L298N) que permiten invertir los voltajes de las salidas en el puerto SOL y, de esta forma, abrir y cerrar solenoides conectados a dicho puerto, además se le suelda un condensador de protección para los picos de corriente generados por los solenoides y los pines correspondientes de conexión.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-12 Placa Valve Adapt.

El testeo de la placa que el alumno debió realizar para los proyectos de control de válvulas se hace conectando el módulo a una Optimus con su control de calidad realizado, habilitando los canales valve conectando el pin1_2 a los 3,3V de la regleta y, con los solenoides de prueba conectados, observando que su consumo sea de aproximadamente 60mA sin conmutar ningún solenoide. Posterior a eso, se hacen conmutar, habilitando ciertos pines de la regleta indicados en la Tabla 2-2, abriéndolos y cerrándolos. En la Figura 2-13 se muestra la prueba de una Valve Adapt con las conexiones y mediciones descritas.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-13 Prueba de funcionamiento de placa Valve Adapt.

Tabla 2-2 Pines de control de puertos SOL.

	ON	OFF
SOL 1	PIN 1_4	PIN 1_6
SOL 2	PIN 2_1	PIN 2_2
SOL 3	PIN 0_4	PIN 0_5
SOL 4	PIN 1_0	PIN 2_0

Fuente: tabla realizada por alumno para el trabajo.

2.3.4 Control Adapt

La placa Control Adapt permite habilitar dos canales en los puertos SOL diseñados para conmutar, por medio de triacs optoacoplados, dichas salidas entre 0V y una fase de corriente alterna que puede ser de 24V o 220V, es utilizada para la fabricación de equipos que controlan uno o dos relés para el control de válvulas o bombas de riego. En la Figura 2-14 se presenta una de estas placas a las que el alumno le realizó el control de calidad.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-14 Placa Control Adapt.

Su prueba se hace instalando la placa en el slot de la Optimus para Valve Adapt usado también para Control Adapt, conectando una fase a una de las entradas del puerto SOL y la otra a un relé para AC. De esta forma, seleccionando los canales para 24V o 220V (por medio de los jumpers de la placa Control Adapt) y usando el relé correspondiente, se prueban ambos canales para ambos voltajes alternos habilitando las dos primeras dos salidas, de la misma forma que al probar la Valve Adapt, y haciendo conmutar el relé.

2.3.5 ADC Adapt

Esta placa, que se observa en la Figura 2-15, permite adaptar distintas señales análogas de voltaje o corriente al rango de voltaje de 0V a 3,3V, que es el rango del GBan para lecturas ADC y también de nivel lógico, y es una de las placas que el alumno debió fabricar para proyectos particulares de monitoreo de temperatura ambiental y estaciones meteorológicas. Posee una serie de DIP switches que permiten, dependiendo de la combinación, seleccionar distintos valores resistivos conectados a un par de amplificadores operacionales que realizan el escalamiento o amplificación necesaria.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-15 Placa ADC Adapt.

El control de calidad que el alumno realizó a estas placas se realiza configurándola para un sensor cuya lectura requiera ADC, en el caso de este ejemplo corresponde a un sensor de presión de agua de 6V, que se ve en la Figura 2-16 y que se usa en los equipos Lem Acqua para el sensado de nivel, conectando la placa adaptadora respectivamente configurada y el sensor a una placa Optimus con un GBan correctamente programado para tener habilitado un canal de lectura ADC. Posterior a eso, se genera cambio en la medición del sensor, en este caso hundiendo o elevando el sensor de presión dentro de un contenedor de agua, y se revisa que los paquetes que envía el GBan muestren una correcta lectura del sensor como se ve en la Figura 2-17.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-16 Sensor de presión de agua

```

lemspa@LEM-05-LON-VPS01: ~
Every 2.0s: sh datos 1000 1870 -index3                               Mon Jan  8 18:13:30 2018
awk: warning: escape sequence `\' treated as plain `/'
awk: warning: escape sequence `?' treated as plain `?'
190.46.83.84 08/Jan/2018 18:11:39      ?i 1 1870 1640 17259 0 60 -78 107 1.329
190.46.83.84 08/Jan/2018 18:12:04      ?m 7 1870 0 0 0 0 0 413 0 1640 46.621
190.46.83.84 08/Jan/2018 18:12:56      ?m 8 1870 0 0 0 0 0 378 0 1640 28.652

```

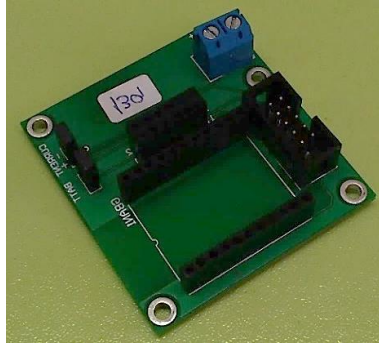
Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno.

Figura 2-17 Lecturas ADC del sensor de presión sumergido en agua (413) y a la interperie (378).

2.3.6 CRD-RTR

La placa CRD-RTR que se utiliza para montar dispositivos coordinadores y routers, funciona idealmente con 6V por temas de disipación de calor del regulador de 3,3V, a diferencia de la placa Optimus que puede funcionar sin problemas hasta con 12V. Solo posee el slot para el GBan, para un WizNet, el grabador y la alimentación. Junto a dos jumpers para la medición de corriente y batería. Dichas conexiones se pueden ver en la Figura 2-18.

El control de calidad que el alumno realizó a estas placas consiste en verificar los niveles de voltaje de 3,3V en el conector del grabador y de 0,7V en el pin2 del LM2904, que está frente al socket donde se conecta el WizNet y que es el análogo al pin 0_6 de la Optimus indicando la correcta medición de la batería. Corroborado eso se conecta una GBan, se verifica su correcto consumo y se prueba que pueda ser grabado.

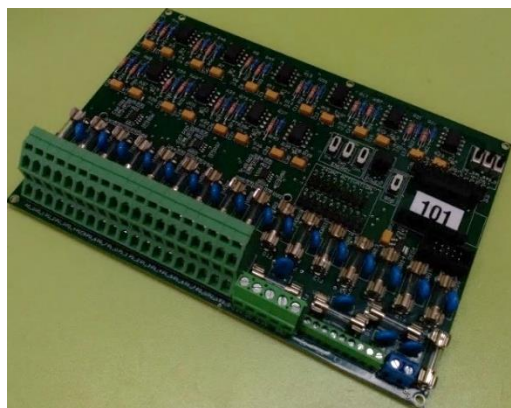


Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-18 Placa CRD-RTR.

2.3.7 Lem Box

La placa Lem Box permite conectar voltajes alternos de 24V o 220V en sus entradas y de esta forma sensar el estado de elementos como electroválvulas, motores y otros actuadores conectados a los relés de una caseta y que sean parte de la red, transmitiendo dicha información a un coordinador. Se utiliza para monitorear la activación o apagado de los actuadores controlados por el sistema y así calcular frecuencia y tiempos de funcionamiento, así como posibles fallas en los actuadores o en su control. En la Figura 2-19 se observa una placa Lem Box.

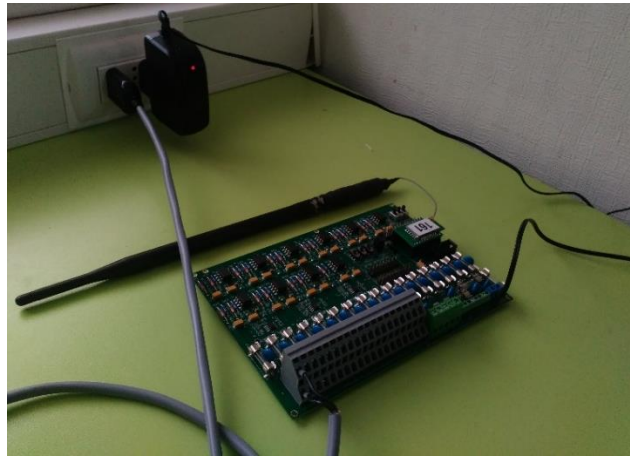


Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-19 Placa Lem Box.

La prueba que realizo el alumno a estas placas se hace comprobando el correcto funcionamiento de las entradas y del socket del GBan. Para probar que las entradas de la placa

funcionan, son conectadas a 24VAC o 220VAC y se mide que generen el nivel lógico correspondiente en el pin del GBan correspondiente. Para ello se mide el voltaje de los pines en la regleta al momento de conectar y desconectar el voltaje alterno de la entrada con lo cual, en ausencia del voltaje en la entrada, debe medirse de 2,7V a 3,3V (1 lógico) en el pin correspondiente. Mientras que con el voltaje conectado se debe medir en él alrededor de 0V (0 lógico). En la Figura 2-20 se puede observar 220VAC conectados a una entrada de la placa Lem Box.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-20 Prueba de una entrada conectada a 220VAC de placa Lembox.

```

lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ sh datos 174500 4000 -index3
awk: warning: escape sequence `\' treated as plain `/'
awk: warning: escape sequence `\' treated as plain `/'
190.46.83.84 06/Feb/2018 11:10:57      ?i 1 4000 0 48568 0 63 -75 104 0 35.725
190.46.83.84 06/Feb/2018 11:12:06      ?m 11 4000 255 255 31 8 5 0 1.208
190.46.83.84 06/Feb/2018 11:13:10      ?m 12 4000 0 0 24 7 4 0 1.444

```

Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno

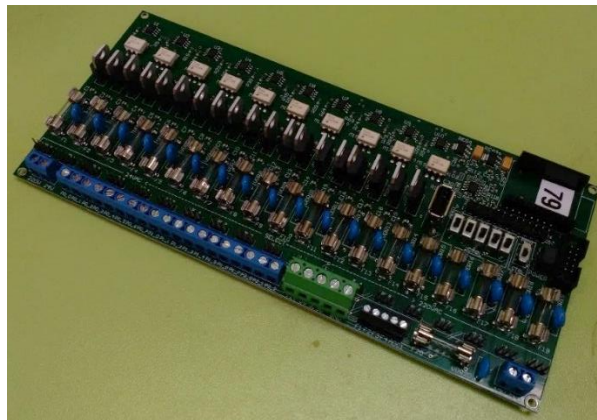
Figura 2-21 Paquetes de datos enviado por la Lembox.

A la vez que se realizan las pruebas descritas, se monitorea el consumo de la placa que, encendida y sin el GBan o algún voltaje en sus entradas conectado, debe ser de 6.9 mA. Con las entradas apagadas debe mostrar 16 mA y 34 mA con voltaje en las entradas. Para comprobar el funcionamiento del socket del GBan se le conecta un GBan LP a la placa Lem Box y se prueba que esta permita programarlo. Finalmente se verifica que los mensajes lleguen de forma correcta al servidor programando el GBan con el firmware para Lem Box y teniéndolo conectando a la placa

durante la prueba de las entradas. En la Figura 2-21 se observan los datos que transmite el GBan y que muestran el estado de encendido o apagado de las entradas.

2.3.8 Lem Control

Esta placa, que se observa en la Figura 2-22, permite conmutar sus salidas a una fase de voltaje alterno de 24V o 220V, funcionando como switch inalámbrico para relés que funcionan con esos voltajes y controlan bombas, válvulas, motores y otros actuadores. Su modo de operación es similar a la Control Adapt, pero a diferencia de ella, posee 19 canales en vez de solo 2, tiene un socket exclusivo para conectar un GBan HP, permitiéndole funcionar de forma autónoma, y permite conexiones seriales y ADC para el envío de datos y el sensado de riegometros en terreno. Ambas, LemBox y LemControl, funcionan exclusivamente con 12V continuos.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-22 Placa Lem Control.

Para llevar a cabo el control de calidad que el alumno realizó a estas placas, se verifica que el GBan funciona correctamente al ser conectado al socket y que se pueda programar. Después de eso se conecta a la entrada de FASE un voltaje alterno y se comprueba el funcionamiento de cada una de las salidas, conectando un relé entre la salida y el común de la entrada de FASE, de esta forma, habilitando el pin correspondiente a dicha salida, se hace conmutar el relé. Igualmente, que la LemBox, esta prueba se hace para 24V y 220V.

2.4 FABRICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS

La mayoría de los equipos son ensamblados en cajas de policarbonato serigrafiadas con el logo de la empresa y el producto al que corresponden. A estas cajas se les instalan unos soportes de lata que son remachados a la caja y a las cuales se les atornillan un par de abrazaderas que permiten fijar el equipo a los mástiles que se instalan en terreno. Las perforaciones para los conectores y el remache de los soportes, así como el serigrafiado, son encargados generalmente a una empresa externa, debiendo el alumno realizar los trabajos de perforado de cajas y remache de soportes en casos particulares, sin embargo, el alumno realizó estos trabajos para todos los equipos que se describen en esta sección durante la pasantía en más de una ocasión. Dentro de las cajas plásticas se fija con tornillos un acrílico transparente que el alumno se encargó de perforar durante el armado de equipos, para posteriormente fijar separadores hexagonales donde se atornillan las placas madre de los circuitos y donde además se pega la batería con doble contacto.

Existen dos tipos de conectores que son montados en las perforaciones de las cajas al ensamblar el equipo en el taller para la conexión de cables de alimentación y sensado; los PG, o prensa estopa, y los conectores militares que se aprecian en la Figura 2-23. Ambos buscan aislar la caja de la humedad y el polvo, así como asegurar los cables al equipo frente al estrés mecánico. El PG deja pasar el cable dentro de la caja sujetándolo con presión por medio de una cabeza atornillable mientras que el conector militar funciona por un sistema de encaje con hilos enumerados. Al primero se le coloca una argolla de goma y teflón para asegurar la aislación, mientras que los conectores militares simplemente se pegan y se les sueldan los cables de conexión internos siguiendo el código de colores de la empresa.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-23 Tipos de conectores. De derecha a izquierda: PG16, PG7, conector de panel, conector de switch, conector de sonda de 4 hilos y conector de sonda de 3 hilos.

En el cableado se usan dos tipos de cables para fabricar las conexiones externas; el cable Olflex de dos hilos para poder y el cable Unitronix de tres y cuatro hilos para datos. Con el primero se fabrican cables de conexión de panel solar y para la caja del switch de encendido, y con el segundo se fabrican los cables de conexión para los sensores y sondas, dependiendo de cuantos hilos utilice para su funcionamiento. Para los equipos con conectores militares, el alumno debió fabricar los cables de conexión, que se observan en la Figura 2-24 y que son embalados junto al equipo para su posterior conexión en terreno, soldando al cable el conector militar macho correspondiente.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-24 Tipos de cables externos. De derecha a izquierda: cable de sonda, cable de panel y cable de switch.

Además de la caja plástica, se utilizan paneles eléctricos para montar equipos de caseta por razones de interferencia magnética y ruido generado por maquinas eléctricas. En estos casos, en vez de un acrílico, se montan las placas de circuito y otros elementos a un panel metálico que viene dentro del gabinete, para fabricar ese tipo de equipos se debe fijar los terminales de conexión, los separadores hexagonales, las canaletas para el cableado, la fuente de alimentación y su protección eléctrica al panel de acero, lo que requiere perforarlo con broca y tornillos autoperforantes. A estos gabinetes eléctricos se les instala en taller un portafusible conectado antes de la fuente de alimentación como modo de protección, debiendo perforar la tapa de caja metálica para poder fijarlo.

La configuración de los equipos se hace previamente al control de calidad o durante la prueba de funcionamiento del equipo que el alumno fue responsable de realizar, en este proceso se graba el GBan con el firmware correspondiente al equipo que se está armando. Este GBan permite el procesamiento de los datos que le llegan desde los sensores u otros equipos y los que envía el equipo a coordinadores y routers, al mismo tiempo que permite identificarlo dentro de la red por medio de su dirección IEEE. Esta dirección consta de cuatro números hexadecimales que definen el modo de funcionamiento del equipo, el número de red que define al mismo tiempo el canal de transmisión (PAN ID), la frecuencia de envío de paquetes y el número del equipo (ID), como se detalla en la Tabla 2-3 a continuación.

En el ejemplo, de izquierda a derecha, el primer número define la configuración de funcionamiento para una sonda de temperatura, el segundo define la comunicación en la red 1, el tercero define el tiempo de transmisión por defecto y el último define la ID del equipo como el 2018. Posteriormente se detalla mejor como se configura cada equipo.

Tabla 2-3 Desgloce de dirección IEEE

00 03	00 01	FF FF	07 E2
CONFIG	PAN ID	TIEMPO	ID

Fuente: tabla realizada por el alumno para el trabajo.

Finalmente, antes de almacenar los equipos en bodega a espera de su instalación, se les realiza el control de calidad, para ello se pone a funcionar cada equipo monitoreando su consumo y correcto funcionamiento y se registra en un informe de control de calidad como se observa en el ejemplo de la Tabla 2-4. Idealmente todos los elementos finales de la red se prueban con sus respectivos coordinadores o routers que se instalaran en terreno, sin embargo, en caso de ordenes de producción que no incluyen estos equipos, está instalado en el taller un coordinador de prueba, que se muestra en la Figura 2-25 y que se usa para montar una red temporal que permita probar correctamente los equipos. Junto con probar el correcto funcionamiento del equipo se revisa que todas sus partes estén correctamente ensambladas y que sus conexiones externas e internas funcionen debidamente.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-25 Coordinador de prueba instalado en el taller y conectado a modem.

Tabla 2-4 Informe de control de calidad de LemWeather.

ID Nodo	2132	2321	2319
Conexión Switch/Panel	OK	OK	OK
Voltaje Batería	6.4V	6.2V	6.3V
Consumo en SLEEP MODE	2.2mA	2.2mA	2.3mA
Consumo enviando datos	13.2mA	13.4mA	12.9mA
LQI GBAN sobre 170	OK	OK	OK
Datos Server OK	OK	OK	OK
Lectura Pluviómetro OK	OK	OK	OK
Lectura Anemómetro OK	OK	OK	OK
Lectura Veleta OK	32-1698	22-1567	86-1678
Lectura Radiación OK	22-715 (sol)	18-377 (linterna)	18-956 (linterna)
Lectura Batería OK	845	813	820
Lectura T° OK	23.67	19.59	19.58
Lectura RH% OK	53.25	74.94	75.69
SECONDARY ADDRESS	23 20 00 01 00 80 08 5A	23 20 00 01 FF FF 09 18	23 20 00 01 FF FF 09 0F
FW Usado en Test	3.8.5.ED.LS.V2_LW_DR.hex	3.8.5.ED.LS.V2_LW_DR.hex	3.8.5.ED.LS.V2_LW_DR.hex

Fuente: extracto de Excel de controles de calidad.

Los equipos son entregados embalados en cajas de cartón con el correspondiente techo de plástico, su panel solar, antena, cables y kit de materiales para su instalación como se presenta en la Figura 2-26, y programados correctamente con el firmware, configuraciones y dirección IEEE correspondientes a las especificaciones del informe de visita técnica del campo.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-26 Equipo LemSense embalado en caja.

A continuación, se describen cada uno de los equipos que el alumno fabricó durante el proceso de pasantía donde se detallan sus características de montaje y funcionamiento, la estructura del equipo, las placas de circuito que utiliza, el modo en que funciona y las características electrónicas. Además, se explican los procedimientos de control de calidad que el alumno debió realizarles para validar su funcionamiento de forma correcta.

2.4.1 Coordinador

El coordinador es el equipo principal en una red Zigbee, siendo quien recibe los datos provenientes de los nodos y envía los datos al servidor vía internet de forma que el cliente pueda visualizarlos de forma cómoda y clara por medio del software desarrollado por la empresa al que tiene acceso el cliente. Este equipo tiene la capacidad de conectar hasta 6 nodos y 5 routers simultáneamente.

Este equipo es uno de los pocos que fabrica la empresa que no es alimentado por panel solar, en cambio, dentro de la caja se instala una fuente switching de 5V que alimenta la placa CRD-RTR y el WizNet conectado a ella, como se presenta en la Figura 2-28, y que es conectada a 220V en terreno. El WizNet es el módulo encargado de adaptar los datos y enviarlos por cable de red al modem de internet dispuesto en las dependencias del cliente, es el módulo de color azul y con conector RJ45 conectado a la placa CRD-RTR. A la caja del equipo se le monta un PG, o prensa estopa, para la antena, uno para la alimentación de la fuente y un último para el cable de red como se ve en la Figura 2-27.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-27 Coordinador.

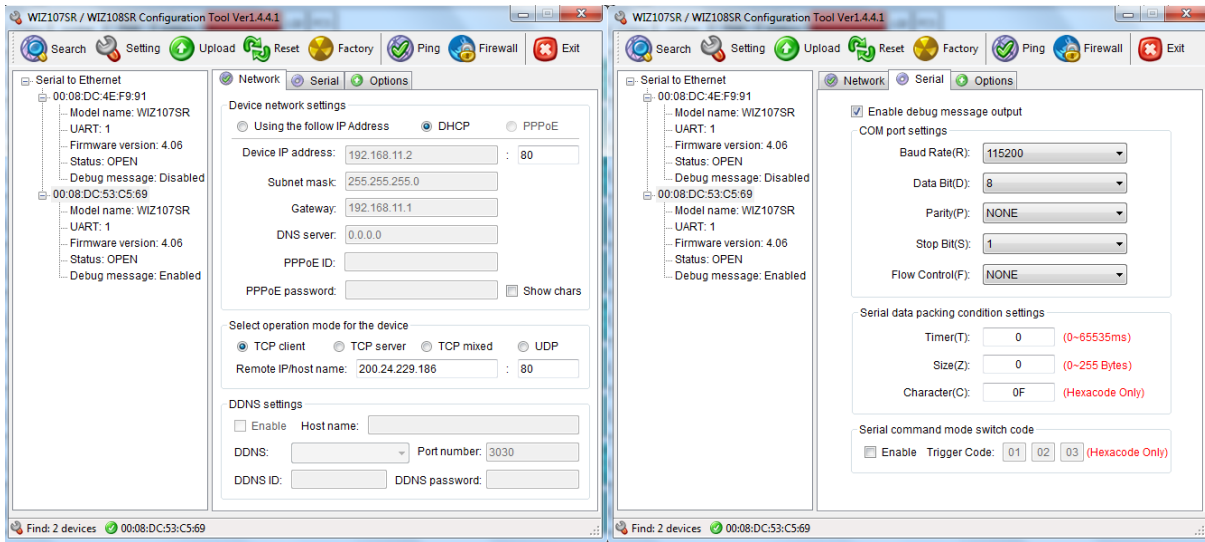


Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-28 Conexión interna del coordinador.

Este equipo requiere de dos configuraciones. La primera corresponde a la programación del GBan, que se graba con el firmware de coordinador y con la configuración de funcionamiento FF 00 en la dirección IEEE, que permite que no se resetee en caso de no haber equipos conectados a él. La segunda configuración es la del WizNet, que por medio del software Config Tool, debe ser configurado para conectarse a la dirección IP del servidor de la empresa por el puerto 80, en modo DHCP, como un cliente TCP, al mismo tiempo se debe realiza la configuración para la comunicación serial que debe ser a 115200 baudios en paquetes de 8 bits. Estas configuraciones de comunicación se pueden ver en la Figura 2-29.

Ya correctamente configurado el equipo, se enciende junto a un nodo de prueba para realizar la prueba de funcionamiento. Se observa en el PacketSniffer que el nodo se conecte correctamente al coordinador, que este envíe los paquetes al servidor visualizándolos en Cygwin y se mide su consumo que sea aproximadamente entre 230mA y 275 mA.



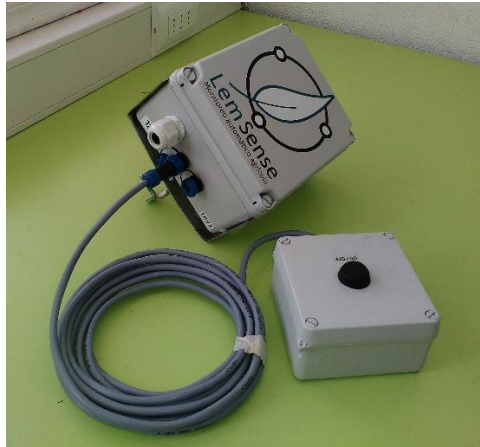
Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno.

Figura 2-29 Configuración del Wiznet por medio de Config Tool.

2.4.2 Router

El router es el equipo encargado de retransmitir datos provenientes de los nodos hacia un coordinador. Es utilizado en casos de problemas de conexión directa entre un nodo y un coordinador por características del terreno que bloqueen la comunicación entre los equipos o en situaciones en que se necesite conectar equipos por sobre la capacidad directa del coordinador.

Este equipo funciona solamente con una placa CRD-RTR y un GBan programado con el firmware para router y con la misma configuración de funcionamiento de la dirección IEEE que el coordinador, es alimentado por una batería de ácido de 6V y un panel solar de 9V 5W conectados a un regulador de carga de 6V dentro de la caja, como se ve en la Figura 2-31. La caja posee un PG para la antena y dos conectores militares para la conexión de los cables del panel solar y del switch del equipo, como se ve en la Figura 2-30.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-30 Router con switch conectado.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-31 Conexión interna del router.

La prueba de funcionamiento se hace conectando un nodo de prueba al coordinador de prueba, esta conexión se puede observar en el PacketSniffer o en Cygwin. Posterior a eso se procede a apagar el nodo y conectar exclusivamente el router al coordinador, se comprueba su conexión por medio de un paquete de tipo *i* (paquete de conexión) proveniente del router y que se observa en la Figura 2-33. Luego se apaga el coordinador y se enciende el nodo a modo que este se conecte al router. Con el nodo ya conectado al router y enviándole correctamente paquetes de datos, se enciende nuevamente el coordinador y se corrobora en el PacketSniffer que el nodo envía los datos al router y con Cygwin se observa que este los retransmite al coordinador funcionando como puente. Durante el tiempo que el router está encendido debe mostrar un consumo sostenido de

aproximadamente 35 mA. En la Figura 2-32 se pueden ver los tres equipos conectados con sus switches correspondientes y el amperímetro conectado al router para monitorear su consumo.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

Figura 2-32 Prueba de funcionamiento de un router. De derecha a izquierda: coordinador, router con amperímetro, y placa Optimus como nodo.

```

lemspa@LEM-05-LON-VPS01: ~
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ sh datos 500000 2125 -index3
awk: warning: escape sequence `\' treated as plain `/'
awk: warning: escape sequence `?' treated as plain `?'
190.46.83.84 24/Jan/2018 09:01:16 GET 0.558
190.46.83.84 24/Jan/2018 09:01:46 GET 0.372
190.46.83.84 24/Jan/2018 09:03:02 ?i 0 2125 1370 64258 0 165 -24 105 0 3.731
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ |

```

Fuente: captura de pantalla realiza por el alumno durante pruebas.

Figura 2-33 Paquete de conexión tipo *i* visualizado en terminal

2.4.3 Nodo LemSense

Este es el nodo básico que la empresa fabrica como elemento final de la red. Es el encargado principalmente de recibir las informaciones desde las sondas de temperatura y humedad, sensores de temperatura y riegos conectados en los campos agrícolas.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-34 Nodo LemSense.

Funciona con una batería de ácido de 6V y un panel solar de 9V 3W conectados a un regulador de carga de 6V como se ve en la Figura 2-35. La caja tiene un PG para la antena, cuatro conectores militares de tres hilos para el cable del panel solar, del switch, de riegotómetros y de sensor de temperatura, y uno de cuatro hilos para el cable de la sonda de suelo como se ve en la Figura 2-34. Dicha sonda puede ser de distintos largos y distintas marcas, entre las que maneja la empresa, las que son más utilizadas, estando más presente en los campos, son las sondas Aquacheck y las sondas Lem.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-35 Conexión interna estándar de LemSense para sonda Lem.

La prueba de funcionamiento del nodo se realiza conectándole una sonda Lem de temperatura y humedad y programando el nodo con la configuración de su dirección IEEE para ella, verificando con el PacketSniffer y Cygwin que los datos sean correctamente enviados al servidor por medio del coordinador (ver Figura 2-36). En el paquete de información enviado por el nodo al ser configurado para lectura de sonda LEM (ver Figura 2-37), después de la letra *m*, se muestra la ID del nodo (1843) seguida de la medición de batería (844). A esto le siguen los valores medidos por la sonda. Los primeros seis datos indican la medición de humedad de la sonda y los siguientes siete corresponden a la medición de temperatura. Cada dato indica la medición a distintas distancias en la sonda ya que posee sensores a su largo, y así obtener mediciones a distintas profundidades del suelo. Estas muestras se toman mientras se monitorea que el consumo del equipo en modo SLEEP sea de aproximadamente 2mA, y de 12mA a 24mA al realizar una lectura de la sonda.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

Figura 2-36 Prueba de LemSense con sonda Lem y amperímetro conectados.

```

lemspa@LEM-05-LON-VPS01: ~
Every 2.0s: sh datos 1000 1843 -index3
awk: warning: escape sequence '\/' treated as plain '/'
awk: warning: escape sequence '\?' treated as plain '?'
190.46.83.84 28/Dec/2017 16:58:28      ?m 1 1843 844 80.83 89.02 0 0 0 0 24.43 24.31 24.5 24.25 24.18 23.93 24.68 1.298
190.46.83.84 28/Dec/2017 17:02:27      ?i 1 1843 843 52095 0 255 100 255 4.348

```

Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno durante pruebas.

Figura 2-37 Paquete de información *m* con lectura de sonda Lem.

2.4.3.1 Sondas Lem y Aquacheck

Al momento de armar el nodo para su entrega, se realizan las conexiones internas necesarias con los conectores militares según la sonda instalada en terreno a donde es destinado el nodo o la sonda que se va a instalar en terreno. Generalmente la conexión para la sonda a la que se va a conectar el nodo, siguiendo la lógica del código de colores de la empresa, es; café para VCC, blanco para GND y verde para DATA. En la Figura 2-38 se ven las dos sondas que más se manejan en la empresa.

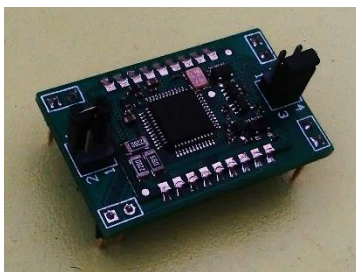


Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-38 Tipos de sonda. A la derecha una sonda Lem de 1 metro, a la izquierda una sonda Aquacheck de 1.5 metros.

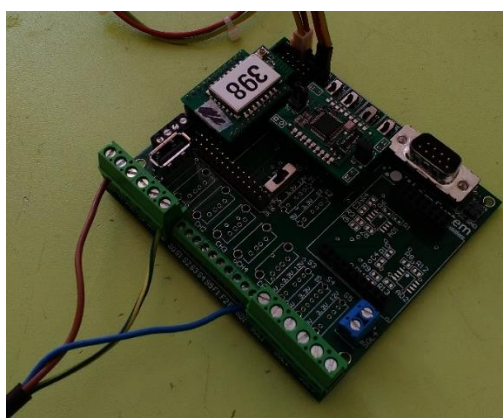
Mientras la sonda Lem requiere una alimentación de 3,3V y se conecta directamente al pin1_7, la Aquacheck es alimentada con los 6V del regulador de 12V (recordar que utiliza batería de 6V siendo el voltaje máximo presente en la placa) y es conectada a la entrada SDI, como se ve en la Figura 2-40, que conecta la sonda a la placa SDI 2.1 (ver

Figura 2-39) que se debe instalar en la Optimus y que convierte la señal de la sonda a RS232 de modo que pueda ser recibida por el GBan. A ambos tipos de sondas se les realiza un control de calidad antes de ser enviadas a terreno donde se conectan a un equipo configurado respectivamente y se valida que funcione de forma correcta como se observa en la Tabla 2-6.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-39 Placa SDI 2.1.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

Figura 2-40 Optimus 2.3 con placa SDI 2.1 y conexión para sonda Aquacheck.

2.4.4 Nodo LemWeather

El LemWeather es una variante del nodo normal diseñado para funcionar como estación meteorológica en conjunto con cuatro sensores de tiempo atmosférico; temperatura y humedad, anemómetro y veleta, radiación solar y un pluviómetro. Su caja, que se puede apreciar en la Figura 2-41, posee un PG para la antena y cuatro conectores militares de 3 hilos para el switch, el panel, para el sensor de radiación y el pluviómetro, y dos conectores de 4 hilos para el sensor de temperatura y el anemómetro. Al tener dos sensores que funcionan con canales ADC requiere de la instalación de dos placas ADC Adapt y la calibración de su GBan (ver *Calibración de ADC en GBan*).



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-41 Nodo LemWeather.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-42 Conexión interna del LemWeather.

La construcción de este equipo, actualmente, se hace en su totalidad en el taller, desde las perforaciones para los conectores militares hasta el cableado interno y, a pesar de que es ensamblado de forma similar a un nodo básico, posee varias diferencias. En primer lugar, el acrílico es mucho más pequeño y no tiene separación para la batería, la que es mucho más pequeña que el resto de los equipos, y el regulador de carga va montado en una escuadra de aluminio que se manufactura en el taller y que va atornillada con el acrílico. Este diseño de equipo es el más nuevo en la empresa y se espera traspasar al resto de los equipos usados en las redes LemSense.

Tabla 2-5 Conexiones de cada sensor meteorológico en la placa Optimus 2.3

	Temperatura / Humedad	Anemómetro / Veleta	Radiación Solar	Pluviómetro
Café	P 1_5	P 1_7	3,3V	P 2_0
Blanco	P 1_3	S0	S1	GND
Verde	GND	GND	GND	-
Amarillo	3,3V	3,3V	-	-

Fuente: tabla realizada por alumno para el trabajo.

Su prueba de funcionamiento es igual de sencilla que la de cualquier nodo, simplemente que, en vez de conectar una simple sonda al equipo, se conectan simultáneamente los cuatro sensores meteorológicos de la forma que indica Tabla 2-5 y se revisa el envío de datos en Cygwin y el PacketSniffer. En la Figura 2-43 se observan los sensores meteorológicos conectados a la estación, estos corresponden a un sensor de radiación que se ve expuesto a la luz, a un sensor de temperatura y humedad inserto dentro de la protección meteorológica de color blanco, el pluviómetro que en la fotografía aparece sin el receptáculo de agua y la veleta que se encuentra apoyada sobre la protección meteorológica. La estructura del paquete de datos que envía el LemWeather es la que se muestra en la Figura 2-44 donde, después del número de secuencia e ID del equipo, el orden de los datos es el siguiente, conteo del pluviómetro, medición de veleta, anemómetro, radiación solar, batería, humedad y temperatura.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

Figura 2-43 Prueba de Lem Weather con sensores meteorológicos conectados.

```
?m 3 2018 8 314 1653 295 843 25.1 58.17 1.572
```

Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno durante pruebas.

Figura 2-44 Paquete de información *m* con lectura de estación meteorológica.

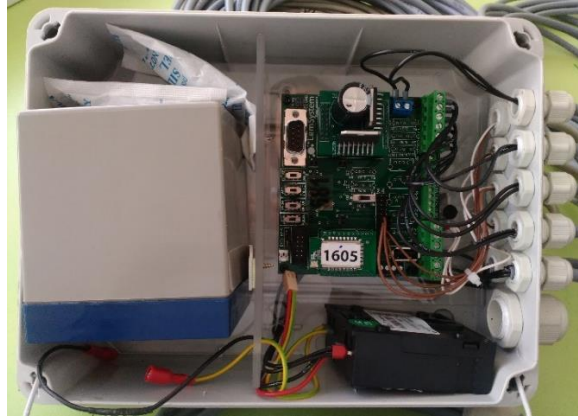
2.4.5 LemValve

El LemValve es un equipo diseñado para sensar el estado de electroválvulas usadas en sistemas de riego y controlar su apertura y cierre por medio de relés. Está formado por una Optimus con una placa Valve Adapt conectada a ella, funciona alimentado por una batería de ácido de 12V y un panel solar de 19V 5W conectados a un regulador de carga para 12V como muestra la Figura 2-46. La caja donde es montado el equipo es mucho más grande que la de un nodo básico dado el tamaño de la batería y la cantidad de PGs que son instalados en ella. Posee junto a los PGs para la antena, el cable de switch y el de panel, dos hileras de cuatro PGs La hilera superior es utilizada para los cables de los solenoides y la inferior para los cables de los riegómetros. Dependiendo de cuantas válvulas se vayan a conectar es el número de PGs por los que se conectan internamente dichos cables, así se fabrican LemValve2, LemValve3 y LemValve4 dependiendo del número de sus conexiones. En la Figura 2-45 se ve un LemValve4 cableado completamente.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-45 Nodo LemValve.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-46 Conexión interna del LemValve.

La única prueba que se hace con este equipo es verificar las conexiones del regulador y comprobar la continuidad del cableado de los riegómetros. Dichos riegómetros van conectados a los pines del puerto P0 de la regleta de pines y sus comunes se conectan a los 3,3V de la misma regleta. Mientras que los cables de los solenoides son conectados a los puertos SOL de la placa Optimus. Junto con estas verificaciones, se carga el GBan con un firmware de prueba que conmuta periódicamente los solenoides, idéntico a la prueba manual de la Valve Adapt, para verificar la funcionalidad del sistema, luego de eso se realiza la programación correspondiente al campo del equipo.

2.4.6 LemControl Valve

Este equipo, parte de las redes LemValve y que se puede ver en la Figura 2-47, funciona apagando y encendiendo bombas por medio de la conmutación de relés en los tableros de control, instalados en las casetas de riego de los terrenos agrícolas, consta de una Optimus con una Control Adapt conectada a ella. Este equipo es otro de los que no funcionan con batería ni panel solar como los coordinadores, sino que funciona con una fuente switching de 12V.

A este equipo no se le realiza ninguna prueba de funcionamiento pues, con el previo control de calidad de su Optimus y su Control Adapt, se asegura su correcta operación.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-47 Nodo Lem Control Valve.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-48 Cableado interno de Lem Control Valve.

2.4.7 LemAcqua

Para la medición del nivel de agua en pozos y canales se fabrica este equipo que consta de una placa Optimus, con su respectiva placa adaptadora para cada caso, conectada a dos tipos de sensores distintos en caso de ser instalado en un pozo o un canal de riego como se puede ver en la Figura 2-50. Este equipo funciona con una batería de ácido de 6V y regulador de 6V alimentado por un panel solar de 9V 3W. Su caja posee PG para la conexión de los cables de panel, switch y el sensor correspondiente como se ve en la Figura 2-49.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-49 Nodo Lem Acqua.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-50 Cableado de nodo LemAcqua.

Existe una variedad de equipos Lem Acqua que se fabrican bajo pedido particular que contemplan una caja de dimensiones mucho más grandes, la que tiene el sensor ultrasónico instalado en el chasis del equipo y que instala directamente sobre el canal, en vez del equipo instalado en un mástil y el sensor cableado a él. Sin embargo, estos equipos son poco frecuentes y en su mayoría gestionados por el departamento de I+D por lo que no se contemplan en este trabajo.

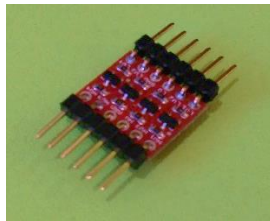


Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

Figura 2-51 Sensor de presión sumergido en agua.

Para el caso de pozos se utiliza el sensor de presión de agua, que funciona por ADC y requiere una placa ADC Adapt para su funcionamiento, esto dado que el nivel de agua de un pozo es lineal de forma vertical. La prueba de funcionamiento es idéntica a la que se realiza para probar las ADC Adapt, utilizando un sensor de presión de 6V y el GBan configurado para una lectura ADC. En la Figura 2-51 se puede ver dicho sensor sumergido en agua para la toma de muestras.

Mientras que para el caso de los canales es necesario la utilización de un sensor ultrasónico, ya que la variación de caudal puede distorsionar la medición del sensor de presión generando una muestra errónea de su nivel de agua. Para este sensor es necesaria la instalación de una placa adaptadora (ver Figura 2-52) que realiza la conversión del nivel lógico de la señal TTL del sensor que funciona con 5V y la señal TTL del GBan que funciona con 3,3V a modo de que la comunicación entre ambos dispositivos se realice de forma correcta.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-52 Placa adaptadora de nivel de señal.

```

lemspa@LEM-05-LON-VPS01: ~
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ sh datos 1000000000000 1795 -index3
awk: warning: escape sequence `\' treated as plain `\'
awk: warning: escape sequence `\'?' treated as plain `?'
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:13:57 ?m 1 1795 283 375 810 1.091
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:14:24 ?i 1 1795 810 60855 0 145 -33 104 1
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:14:49 ?m 2 1795 283 375 810 1.117
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:15:41 ?m 3 1795 235 375 810 1.061
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:16:33 ?m 4 1795 283 375 810 1.033
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:17:25 ?m 5 1795 197 375 810 0.985
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ ^C
lemspa@LEM-05-LON-VPS01:~$ sh datos 1000000000000 1796 -index3
awk: warning: escape sequence `\' treated as plain `\'
awk: warning: escape sequence `\'?' treated as plain `?'
190.46.83.84 03/Mar/2018 15:55:43 ?m 1 1796 348 380 823 380 0.963
190.46.83.84 03/Mar/2018 15:56:44 ?i 1 1796 823 25666 0 126 -46 107 0.762
190.46.83.84 03/Mar/2018 15:57:43 ?m 2 1796 590 380 823 380 1.179
190.46.83.84 03/Mar/2018 15:59:43 ?m 3 1796 590 380 823 380 1.016
190.46.83.84 03/Mar/2018 16:01:43 ?m 4 1796 782 380 823 380 0.976

```

Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno durante pruebas.

Figura 2-53 Paquetes de datos de sensro de presión y sensor de nivel respectivamente.

La prueba de funcionamiento se realiza tomando muestras del sensor ultrasónico a dos alturas diferentes del suelo y una muestra con el sensor apuntando de forma paralela a la mesa, a modo de tener un dato a distancia “máxima”. En la Figura 2-53 se muestran paquetes obtenidos de un equipo con sensor de presión y otros de un equipo con un sensor ultrasónico, respectivamente, donde se observan distintas mediciones de presión de agua y altura del sensor.

2.4.8 LemControl Plus

Este equipo, que es montado en paneles eléctricos como se ve en la Figura 2-54, consta de una placa LemBox y una placa LemControl alimentadas por una fuente switching de 12V. Las placas son montadas en el panel metálico interno que se atornilla a la caja de metal y que se manda a perforar e instalar los rieles de plástico para el cableado. Posteriormente en el taller se instalan los separadores hexagonales y se atornillas las placas. En la caja se instala un fusible y un automático que son conectados a la fuente de alimentación en serie, en caso de sobre voltajes provenientes de la red del terreno, con el objetivo de evitar sus daños como se observa en la Figura 2-55.

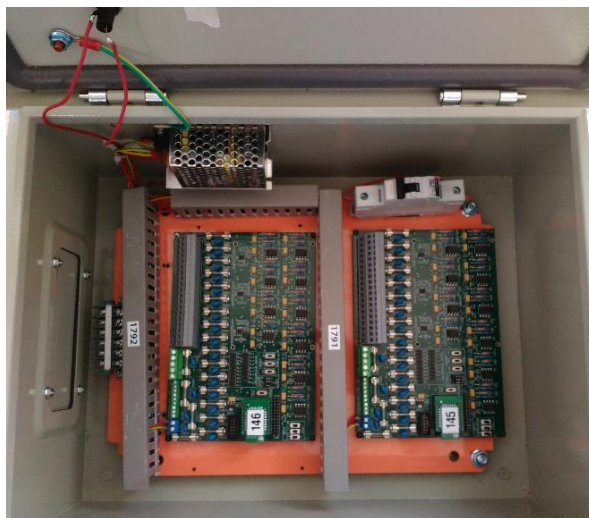
Al mismo tiempo de ofrecer el LemControl Plus, la empresa ofrece equipos únicamente con una placa LemBox o una placa LemControl, recibiendo ese nombre, dependiendo de las necesidades del cliente. También se adaptan estos equipos para el control manual instalando switches de control en el gabinete.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-54 Gabinete metálico de equipo Lem Control Plus.

Junto con el armado del gabinete se realiza el cableado correspondiente de la alimentación de cada placa, el cableado de la fuente switching y de los elementos de protección. De la misma forma se realiza el cableado de los riegómetros, que son conectados al tablero, y que se conectan al puerto F presente en la placa LemControl al lado de la alimentación, equivalentes al puerto S de la placa Optimus.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-55 Cableado de Lem Control Plus.

2.5 PROYECTOS INDEPENDIENTES

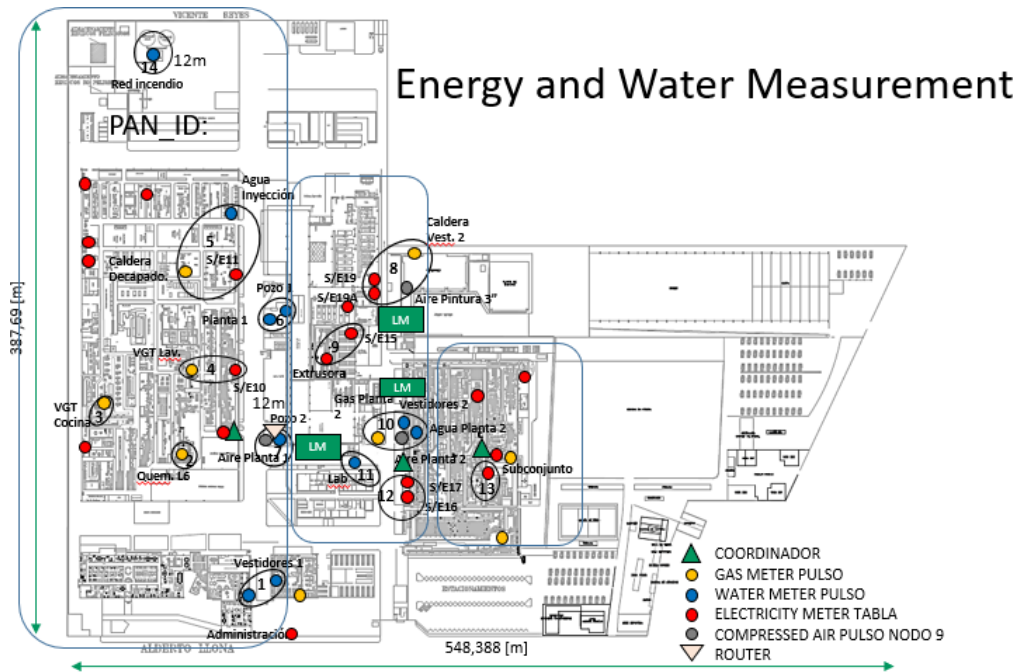
Esporádicamente, la empresa desarrolla soluciones individuales para clientes que requieren equipos diseñados para condiciones distintas de funcionamiento o distintos sensores. En este caso la producción de estos equipos se realiza por completo en el taller. Al alumno se le encargó la producción de dos de estos proyectos, que realizó en conjunto con el resto del equipo de producción, donde fue necesario diseñar elementos de los equipos de acuerdo con las necesidades particulares que presentaban e implementar dichos diseños.

2.5.1 Electrolux

Electrolux es una reconocida empresa dedicada a la fabricación de electrodomésticos de todo tipo y posee distintos sistemas de monitoreo en su planta de producción. El sistema de monitoreo que se fabricó para esta empresa contempla sensores de medidores de agua y de gas, que funcionan por pulsos, y medidores de aire comprimido y electricidad que requieren mediciones ADC. En base al diagrama de la planta entregada por la empresa a LemSystem que se muestra en la Figura 2-56, donde se detalla el tipo y la ubicación de los sensores, el alumno debió organizar la fabricación de los equipos en cuestión dependiendo del tipo de sensores y la ubicación de estos al que se iba a instalar y conectar el equipo de LemSystem.

Al ser equipos por instalar en exterior e interior requerían de distintas cajas de montaje, así como distintos soportes para cada tipo de montaje. Se decidió que los equipos de interior se montarían en paneles eléctricos con soportes de riel din, para ser atornillados a paredes u otros soportes en la empresa, de la misma forma llevarían fusible y el switch inserto en la caja de metal en vez de conectado por medio de un cable externo, como se puede observar en la Figura 2-60. Mientras que los equipos de exterior irían en cajas de plástico y soportes de lata de similar modo que los nodos normales, solo que, en vez de acrílico, se montarían en placas de aluminio con la batería sujeta por medio de una abrazadera de lata fabricadas en el taller, la misma instalada en los nodos de interior.

Una diferencia sustancial en estos equipos es que los coordinadores, en este caso, no llevarían una conexión de red cableada, sino que una BAM con conexión a internet inalámbrica instalada dentro del equipo como se puede ver en la Figura 2-57. Esto supuso instalar la alimentación del router inalámbrico y su conexión de forma interna, además de realizar la configuración del WizNet para cada equipo de forma individual con su acceso a internet propio.



Fuente: captura de pantalla realizada por el alumno.

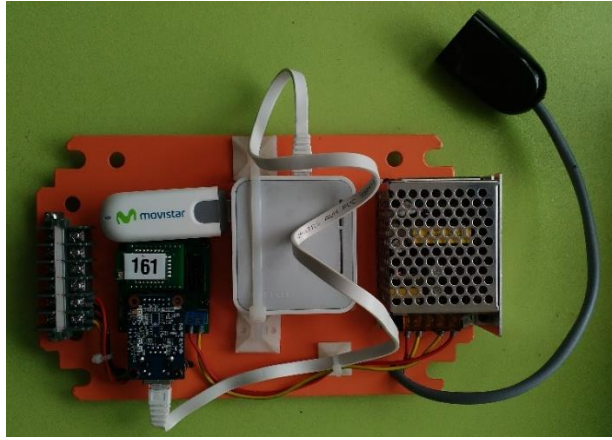
Figura 2-56 Diagrama de sensores instalados en la planta de Electrolux.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

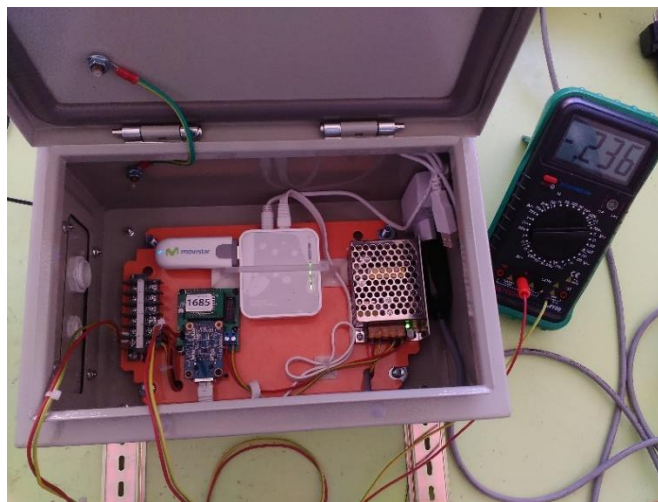
Figura 2-57 Montaje interno de coordinador con BAM en caja de policarbonato.

Otra particularidad es que los nodos de interior, al no poseer alimentación de un panel solar para funcionar y cargar la batería interna, se les instaló una fuente switching conectada al regulador y que hace la función de panel solar como alimentación principal como se muestra en la Figura 2-61. Al ser fuentes configuradas para 12V se debieron manipular y regular para funcionar a 14V de forma que pudiesen cargar las baterías de 12V de los equipos.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-58 Diseño de montaje del coordinador en panel interior.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción durante pruebas.

Figura 2-59 Prueba de funcionamiento de coordinador con BAM montado en gabinete metálico.

El alumno finalmente se encargó del diseño interno de los coordinadores (ver Figura 2-58), del diseño externo de coordinadores y nodos, de la fabricación de coordinadores y routers, del ensamble de los nodos, el cableado y configuración de los equipos y el control de calidad del sistema completo. En la Figura 2-59 se muestra las pruebas realizadas a un coordinador de interior, muy similar a las pruebas realizadas en nodos de similar montaje.

2.5.2 Sopraval

El proyecto de esta empresa consistió solamente en la fabricación de 8 nodos en paneles eléctricos como los de Electrolux junto a un coordinador estándar. Replicando el diseño del proyecto anterior, el alumno estuvo encargado del ensamble, configuración y prueba de los equipos. De estos, siete equipos requerían canales ADC, por lo que se debió fabricar 13 placas ADC Adapt y calibrar sus siete GBan.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-60 Nodo montado en gabinete metálico.



Fuente: fotografía tomada por el alumno en el taller de producción.

Figura 2-61 Cableado de nodo de interior para Sopraval y Elextrolux.

2.6 TAREAS ADMINISTRATIVAS

Dentro de las actividades que desempeñó el alumno que no están directamente relacionadas con la producción de equipos se encuentran las tareas de tipo administrativas que son de necesidad realizar y que se describen a continuación.

2.6.1 Inventariado

Entra las tareas que el alumno debió realizar se encuentran los inventarios semanales y trimestrales de materiales y equipos en stock. Esto consiste en el conteo de los elementos que se usan en la fabricación de equipos, es decir, partes eléctricas, conectores, cables, partes que son usadas en el ensamble, materiales de trabajo, placas de circuito, componentes electrónicos y el stock de equipos fabricados.

El inventario semanal se realiza con el objetivo de organizar la fabricación y entrega de equipos para las órdenes de producción pendientes y más próximas en el tiempo, y se centra en el conteo de equipos en stock y los materiales críticos para la fabricación de dichas órdenes de producción, mientras que el inventario trimestral está orientado a la adquisición de todos los elementos necesarios que requieran reposición, por lo que es de orden general y mucho más específico.

2.6.2 Bodega

Otra de las actividades de corte administrativo es el control de salida de los equipos al ser retirados por el técnico de instalación. Esto consiste en la revisión que la caja donde se encuentra guardado el equipo tenga la información correcta del equipo, que su kit de instalación esté completo y el equipo se encuentre en condiciones de ser instalado. Esto supone la revisión que las piezas de sujeción sean de las dimensiones correctas, el equipo se encuentre debidamente cableado, con todos sus elementos en el interior y con el control de calidad realizado, que se encuentren en la caja los materiales de instalación y que contenga las partes necesarias para esta. Esta tarea conlleva la realización de un check list que debe ser firmado por el técnico instalador y que es archivado.

2.6.3 Informes

Finalmente se encuentran los informes que el alumno debió realizar de tipo administrativos y técnicos. La gran mayoría de estos informes corresponden a archivos de tipo Excel donde se rellena y especifica información de relevancia. Entre estos informes se encuentran los informes de avance diario, donde se indican las actividades realizadas durante la jornada laboral y el periodo de tiempo en que estas se realizaron.

Otros informes que el alumno debe realizar corresponden a los controles de calidad que se efectúan a cada equipo y placa de circuito fabricada y probada en el taller, donde se registra su estado junto con el número de seguimiento, valores de relevancia medidos, características de la falla –en caso de existir una- y el estado de funcionamiento del equipo. Dentro de este tipo de informes se encuentran las tablas de calibración de GBan y sensor de temperatura que se utilizan para generar las correcciones necesarias de las lecturas en terreno. Un ejemplo es el extracto del Excel de registro de prueba de calidad de sondas Lem que el alumno realizó durante la producción que se observa en la Tabla 2-6

Tabla 2-6 Informe de control de calidad de sondas Lem.

ID	Largo	SLEEP	ON	H1	H2	H3	H4	H5	H6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
404	1.2m	2ma	22ma	6.43	12.76	7.42	18.1	13.72	13.19	17.93	17.62	17.25	16.87	16.75	16.37	18.31
351	0.8m	2ma	22ma	4.65	6.29	4.41	7.14	6.05	11.45	17.25	17.31	17	17.62	16.81	16.75	17
346	0.8m	2ma	22ma	2.35	5.89	10.86	11.81	14.19	10.26	16.87	16.81	17.06	16.93	17.06	16.93	17.06
400	1.2m	2ma	23ma	10.46	5.07	5.76	5.17	3.49	19.61	17.93	19.81	19.93	18.18	17.31	17.25	18.87
370	1m	2ma	24ma	0.28	2.25	2.67	21.89	10.98	19.87	19	19.56	18.5	18.12	17.68	17.62	18.87
316	1.2m	2ma	23ma	8.72	2.39	15.13	18.61	10.79	9.27	19.06	18.62	19.31	18.87	17.75	17.68	19.12
391	1m	2ma	24ma	6.87	8.84	11.29	8.87	15.36	14.66	16.68	17	17.93	16.5	15.87	15.81	16.87
384	1m	2ma	23ma	2.58	10.55	8.39	11.01	5.49	9.53	18.31	18.93	18.43	18.62	17.68	17.18	18.81
354	0.8m	2ma	23ma	17.04	19.83	18.2	10.32	3.4	12.15	19.12	18.81	18.93	19.12	19.06	18.5	19.31

Fuente: extracto de Excel de controles de calidad.

Además, es estos, están los informes administrativos donde se registran los inventarios realizados, la configuración de los equipos con los números de seguimiento de las placas que están instalados en ellos y sus correspondientes IDs como se observa en el ejemplo de la Tabla 2-7, el estado de las ordenes de producción y el seguimiento de las visitas técnicas para coordinar la fabricación y/o modificación de los equipos. La información de todos estos informes es de vital importancia para la planificación de los proyectos, el control de stock, la detección de fallas y el funcionamiento correcto de los sistemas fabricados.

Tabla 2-7 Informe con detalle de producción de LemControl Valve.

N° Serie	ID	Optimus2.3	GBan	Control Adapt	Proyecto
32	1602	429	1495	36	Casas del Bosque
33	1633	530	1513	33	Huerto California
34	1750	519	1556	30	Pedegua
35	1751	523	1565	31	Pedegua
36	1844	658	1734	34	Viña Alquihue

Fuente: extracto de Excel de detalles de productos de producción.

2.7 OTRAS ACTIVIDADES

Las actividades realizadas por el alumno fuera del área de producción, sin contar las compras e inventarios, fueron relativamente escasas, limitándose principalmente a una salida a terreno por falta de técnicos de instalación al principio de la pasantía.

2.7.1 Instalación en Sopraval

El alumno viajó a las dependencias de la empresa Sopraval ubicadas en la Calera para la instalación de tres LemAcqua para el monitoreo y control de una caseta de riego acompañando a uno de los instaladores de planta. Las principales tareas que se realizan en el terreno al momento de instalar los sistemas de monitoreo son dos, el armado de la red y la prueba de la red. El armado de la red requiere del levantamiento de mástiles metálicos en donde se instalan los equipos en altura. Estos mástiles se sujetan con la ayuda de abrazaderas de tipo omega -incluidas en el kit de cada caja- a un polín de madera instalado en el terreno, generalmente, responsabilidad del cliente, como se muestra en la Figura 2-62. Antes de la instalación del mástil, se realiza la programación del GBan del equipo, donde se reconfigura el IEEE para el tipo de sensores y/o sondas que se encuentran en terreno y el PAN ID que depende de la disponibilidad de canales de transmisión en el sitio.



Fuente: fotografía tomada por el alumno durante la instalación en Sopraval.

Figura 2-62 LemAcquas instalados en mastiles.

Posterior al levantamiento del mástil, el alumno ayudó a realizar el cableado del equipo con los sensores, actuadores o tableros que se encuentran en el terreno de instalación. El cableado se realiza bajando los cables del equipo ya conectados a él por el mástil y sujetándolos al mástil, llegando al suelo, se lleva por tubos de PVC, instalados en canales en el suelo del terreno, la línea de transmisión hasta el punto final de la conexión como se observa en la Figura 2-63.



Fuente: fotografía tomada por el alumno durante la instalación en Sopraval.

Figura 2-63 Canalado de cables de conexión.



Fuente: fotografía tomada por el alumno durante la instalación en SopraVal.

Figura 2-64 Tablero eléctrico instalado en la caseta de riego donde se conectan los LemValves.

En la visita que el alumno realizó, junto con un compañero técnico de terreno, a las dependencias de la empresa SopraVal consistió en la instalación de tres LemAcqua para el control de las válvulas y bombas de una caseta de riego, responsable de la distribución del agua de un estanque de criadero. En los trabajos realizados en terreno se incluyen la programación de los equipos, el levantamiento de los mástiles y el cableado hasta la caseta de riego y a las válvulas instaladas junto al estanque del modo que se describió anteriormente como se observa en la Figura 2-64.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROCESO DE PASANTÍA

3 EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROCESO DE PASANTÍA

En este último capítulo se hace un análisis general del proceso de pasantía, concluyendo de forma cualitativa sus alcances respecto al desempeño del alumno, los conocimientos utilizados y adquiridos, así como las habilidades que fueron significativas en el desempeño laboral durante la estadía en la empresa como pasante.

En la primera parte de este capítulo se hace un análisis de las competencias y habilidades adquiridas durante la Carrera universitaria de Técnico Universitario en Electrónica con mención en Control Automático e Instrumentación Industrial que fueron de gran utilidad durante la pasantía y la forma en que estas incidieron en la forma en que el alumno se desarrolló en sus actividades.

La segunda parte explica las competencias y habilidades aprendidas previamente por el alumno y durante el periodo de pasantía, mediante la experiencia y/o el estudio personal, y que fueron de relevante importancia en el desempeño laboral.

Finalmente se realiza comparativa entre dichas competencias y habilidades adquiridas en ambos ámbitos a modo de realizar un análisis de la formación obtenida durante la Carrera.

3.1 COMPETENCIAS ADQUIRIDAS EN LA CARRERA

A continuación, se exponen de forma detallada las asignaturas que tuvieron directa importancia en las actividades que se realizaron durante la pasantía, esto por los conocimientos que fueron adquiridos o por habilidades subyacentes que fueron desarrolladas durante el estudio o el trabajo de laboratorio al cursar la asignatura, y se explica la forma en que fueron de vital importancia como formación laboral para el alumno en relación con el cargo que desempeñó el alumno en la empresa.

3.1.1 Circuitos de Corriente Continua y Circuitos de Corriente Alterna

Ambas asignaturas, que componen junto el módulo de Electricidad Fundamental, contemplan el análisis y diseño de circuitos de corriente continua y alterna. Ambas materias preparan al alumno para la comprensión de circuitos con fuentes de corriente y de voltaje, distintas impedancias y sus configuraciones dentro del circuito, técnicas de análisis de circuitos y el

entendimiento de conceptos básicos de voltaje, corriente y potencia, y métodos de medición de estas variables.

Todos los conocimientos mencionados son de absoluta relevancia en cualquier trabajo eléctrico o electrónico y, en el caso de las labores realizadas en LemSystem, fueron de gran utilidad para el trabajo de prueba de placas y equipos, al medir consumo, voltajes y evaluar fallas, así como el armado de conexiones de equipos, facilitando dichas tareas la experiencia adquirida en laboratorio y el entendimiento de los conceptos de la estructura de un circuito electrónico y sus características.

3.1.2 Electrónica Básica

Esta asignatura contempla los conceptos básicos detrás de componentes semiconductores y el funcionamiento de diodos y transistores. Es de vital importancia en el trabajo electrónico actual dado que, a pesar de que hoy en día varios de los componentes son integrados, la base teórica de su funcionamiento y la implementación de diodos y transistores de manera individual siguen vigentes por su gran utilidad.

En varios equipos de la empresa existían transistores realizando distintas funciones, y la comprensión de su funcionamiento es importante para entender la forma en que trabajan y la forma de medir su funcionamiento. De la misma forma, en la asignatura se ve el principio de funcionamiento de los optoacopladores, dispositivos usados en algunas placas de circuito en la empresa.

3.1.3 Sistemas Digitales

Durante el curso de Sistemas Digitales, se estudiaron variados elementos del área de la electrónica digital, entre ellos, sistemas de numeración como el binario y el hexadecimal, la estructura y funcionamiento de circuitos lógicos, niveles lógicos de voltaje, lógica booleana y tipos de señales lógicas, seriales y paralelas.

La tecnología de las placas utilizadas en la empresa basa su funcionamiento en la lectura de distintos tipos de sensores que manejan diferentes niveles lógicos de voltaje para su funcionamiento. De la misma forma, la interpretación de los datos de entradas y salidas de la placa y el microprocesador, de los números vistos en los paquetes de datos que son analizados, y en la configuración de los equipos, responden a sistemas binarios y hexadecimales. Finalmente, la interconexión y envío de datos a los equipos desde los sensores y entre distintos equipos, son

realizados simultáneamente de manera serial y paralela. Todas estas características demandan el entendimiento claro y conciso de los conceptos adquiridos en la asignatura, conceptos que hicieron el trabajo de control de calidad inmensamente más fácil y efectivo.

3.1.4 Microcomputadores

Esta asignatura aborda el uso de microcontroladores y microprocesadores como elementos para el procesamiento de información en circuitos con lógica digital. Se estudia la estructura básica dentro del diseño de microcontroladores y microprocesadores, así como su programación por medio de lenguaje Assembler y C++, y las distintas prestaciones y funcionalidades que poseen en su gran mayoría estos dispositivos.

Los conceptos aprendidos en la asignatura fueron de gran utilidad para el manejo de los GBan al momento de programarlos, resetearlos y manejar las conexiones de sus pines. Al poseer, este tipo de dispositivos integrados, una lógica de diseño bastante similar hizo bastante fácil extrapolar la experiencia, obtenida en el laboratorio con los microcontroladores PIC de la serie 16FXXXX, al trabajo con el CC2530.

Así mismo, como se estudió en el curso con el manejo del PIC16F877A, se trabajó con conversiones análogo-digital y señales de modulación de ancho de pulso provenientes de distintos tipos de sensores y que recibían las placas, adaptando las señales por medio de placas adaptadoras, para los estándares del GBan. Dicha experiencia en la asignatura fue de gran importancia la comprensión del funcionamiento del microprocesador usado en los equipos de la empresa y el trabajo con él, así como la detección de fallas al momento de revisar las conexiones y el funcionamiento de equipos y placas y la comprensión de los datos provenientes de lecturas ADC en equipos.

3.1.5 Electrónica No Lineal

En la asignatura de Electrónica No Lineal se estudió la implementación de elementos semiconductores, como transistores y amplificadores operacionales, principalmente como dispositivos de conmutación junto con los bloques básicos en el diseño de circuitos de mayor complejidad como lo son los generadores de señal y los comparadores.

Varias de las aplicaciones para transistores y amplificadores operacionales, que se implementan en las placas de circuito utilizadas en la empresa, son como conmutadores y comparadores de señal que permiten interactuar al GBan con las salidas y entradas de las placas,

adaptando señales de distinto tipo proveniente de las entradas, a modo de que puedan ser interpretadas por el microprocesador, y también sirviendo de elemento de conmutación para las señales de control provenientes del GBan.

Al mismo tiempo todas las placas de la empresa tienen presente reguladores de voltaje que permiten entregar niveles de voltaje diferentes para la alimentación de distintos dispositivos y otros propósitos, como voltaje de referencia, varios de estos reguladores siendo conmutables por medios de pines habilitadores, siguiendo la lógica de conmutación. De la misma forma, la mayoría de los equipos funcionan con un regulador de carga que basa su funcionamiento en comparadores y conmutadores con el objetivo de discriminar el uso de la batería o del panel para la alimentación del equipo y regular la carga de la batería. El entendimiento de su funcionamiento interno fue de utilidad para la detección de problemas de alimentación en equipos.

3.1.6 Electrónica Lineal

En esta asignatura se realiza el estudio de osciladores, amplificadores, fuentes switching entre otras aplicaciones de transistores de tipo BJT, FET y MOSFET. La principal aplicación vista en los dispositivos probados y fabricados en el taller fueron las fuentes switching, cuyo aprendizaje en la asignatura fue de gran utilidad para el manejo de las fuentes de alimentación de equipos. También el estudio de los transistores como amplificadores de señales análogas y su comportamiento con señales alternas fue importante para el manejo de transistores que interactúan con señales de corriente alterna en placas de sensado y control.

3.1.7 Comunicación Análoga

En esta asignatura se estudió la transmisión de señales por ondas de radio usando métodos de modulación en frecuencia, en amplitud y en fase. De la misma forma se estudiaron conceptos absolutamente importantes en el trabajo con señales de radiofrecuencia, como son términos como Hertz, ancho de banda, frecuencia de transmisión, portadora y potencia de señal en decibelios. Conceptos de suma relevancia al trabajar con protocolos de transmisión de radio como es Zigbee. De este modo, los conocimientos entregados en la asignatura permitieron al alumno desenvolverse de mejor forma al momento de configurar los equipos para distintos canales con sus anchos de banda definidos y el monitoreo de la comunicación de los equipos en dichos canales de transmisión, así como el estado de la señal.

3.1.8 Electrónica Industrial

En la asignatura de Electrónica Industrial se estudia en general circuitos electrónicos orientados a equipos de mayor potencia como son los reguladores de voltaje controlados y no controlados, tipos de tiristores y convertidores de voltaje entre corriente continua y alterna. Los principales conocimientos que fueron de utilidad durante la pasantía, que fueron aprendidos cursando esta asignatura, fue el principio de funcionamiento de diacs y triacs.

Estos tiristores que fueron abordados en la asignatura están presentes principalmente en placas de control de casetas de riego, usados para el manejo de voltajes de corriente alterna de control, por medio de dispositivos solenoides. De la misma forma, el estudio de relés y contactores, junto al acercamiento de algunos elementos de electrónica de potencia, fueron de utilidad para la comprensión de como los equipos y sus señales, principalmente de control y sensado, interactúan posteriormente en terreno con los paneles y equipos.

3.1.9 Sensores y Transductores

El estudio de sensores resistivos, capacitivos e inductivos más utilizados y la teoría detrás de su funcionamiento son estudiados en esta asignatura, en el que se logra comprender las formas de medir variables mediante transductores sensibles a distintas variables físicas que son traducidas a las tres variables eléctricas ya mencionadas.

Los conocimientos adquiridos en la asignatura fueron de gran importancia en el trabajo con los equipos de la empresa, donde la mayoría funcionaban mediante la lectura de distintos tipos de sensores, para comprender la naturaleza detrás de la operación de los dispositivos conectados a los equipos e instalados en terreno. De esta forma, se logra comprender de forma más integral la forma en que las mediciones se realizan, las condiciones de funcionamiento de dichos sensores y la forma en que las variables a medir afectan el dispositivo.

Junto con el desarrollo de las actividades en laboratorio, se aprendió a trabajar con varios sensores de extendido uso en la electrónica y el monitoreo de variables, así como la adaptación de las señales que estos sensores entregan para su correcta lectura y registro. Esto fue una excelente preparación para el trabajo con los sensores en pruebas de placas, sondas y equipos completos, comprendiendo la forma en que se generan, leen y adaptan las señales medidas en los terrenos agrícolas y en las industrias donde se instalarán posteriormente los equipos fabricados.

3.1.10 Control Automático

Esta asignatura permitió comprender e identificar de forma efectiva los bloques que componen un sistema de control, tanto que funcione de forma autónoma, como por medios de control directo sin retroalimentación. Así, identificar la (las) función (es) que cumple un equipo dentro de algún sistema que utiliza varios equipos y variables de entrada y salida en su funcionamiento.

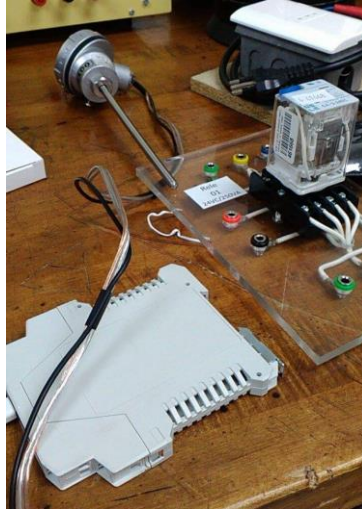
Estudiando cómo se conforman sistemas de control y sus requerimientos, se logra comprender la relación entre las variables de entrada y las variables de salida en cualquier sistema donde se busca controlar ciertas variables, relacionando el sensado con la acción por medio de dispositivos electrónicos, al mismo que tiempo que se logra comprender de forma como se relacionan dichos equipos que manejan las ya mencionadas variables.

Siendo una de las asignaturas de mención, es una de las más relevantes en términos teóricos para el desempeño laboral en el mantenimiento, prueba, construcción y reparación de equipos que integran sistemas de control y monitoreo entrelazados, donde el trabajo en laboratorio fue de fundamental importancia para aprender a trabajar cada parte que conforma un sistema de monitoreo y control integrado.

3.1.11 Instrumentación Industrial

Sin duda esta es una de las asignaturas, cuyos conocimientos aprendidos, fue de mayor relevancia en el desempeño como practicante, pasante y finalmente técnico electrónico dentro del Departamento de Producción de LemSystem, si es que no fue la de más utilidad como formación profesional en relación con el manejo de sistemas de control y monitoreo de las características que poseen los sistemas fabricados por la empresa.

En esta asignatura se estudió el funcionamiento los sensores y actuadores más utilizados en la industria para control y monitoreo, junto a la lógica de funcionamiento detrás de la medición de las variables más recurrentes. De la misma forma que se estudian dichos dispositivos, se estudia la forma en que se construyen las redes de comunicación que les permite funcionar de forma integral y coordinada, los protocolos de comunicación más utilizados en una red industrial y su representación gráfica en planos y diagramas.



Fuente fotografía tomada por el alumno en clases.

Figura 3-1 PT100 industrial y adaptador de señal para 4-20 mA utilizados en laboratorio.

Entre los trabajos realizados durante la asignatura fue el trabajo de investigación sobre un protocolo de comunicación relevante en la industria. En este caso, al alumno se le asignó el estudio del protocolo Zigbee que, por casualidad, es el protocolo utilizado en la empresa para la instalación y comunicación de los equipos y los sistemas que fabrica la empresa. Este trabajo fue de especial utilidad para el trabajo en la fabricación y prueba de estos equipos, conociendo de forma previa las topologías de red más utilizadas con este protocolo, el modo en que funcionan los equipos, las características de la comunicación y el papel que cumplen los equipos dentro de una red.

Finalmente, en conjunto con el trabajo realizado en laboratorio, donde se trabajó con equipos de comunicación industrial y se implementó soluciones electrónicas de comunicación entre dispositivos de variadas formas para las mismas situaciones, es que el alumno obtuvo importantes competencias que le ayudaron en el trabajo con los equipos de la empresa.

3.1.12 Control de Procesos

Aunque esta asignatura se enfocó, por un lado, principalmente a la finalización del aprendizaje en el manejo de PLCs industriales, como comunicarlos entre sí, realizar mediciones ADC y controlar actuadores más complejos, como motores, al momento de implementar sistemas de control automático con estos dispositivos. Por otra parte, en el laboratorio, se realizó un proyecto que buscaba integrar los conocimientos adquiridos en las tres asignaturas del módulo de mención; control automático, instrumentación industrial y control de procesos.

El proyecto realizado en cuestión consiste en el diseño, implementación y construcción de un sistema de control automático, para un proceso lo más parecido a otro de tipo industrial, escogido por el equipo. El alumno, junto a su compañero, trabajaron en una cafetera automática que recibe comandos por medio de una aplicación Android, desarrollada por los alumnos, y que prepara las mezclas en secuencia de acuerdo con las instrucciones recibidas por medio de comunicación de radio frecuencia utilizando Bluetooth.

Este proyecto fue de importante relevancia en la formación del alumno ya que le entregó una aproximación real al desarrollo y construcción de equipos funcionales que utilizan sensores, actuadores y comunicación inalámbrica, siendo las características del proyecto muy parecidas al trabajo con los equipos en las labores desempeñadas en la empresa, lo que permitió al alumno estar preparado para la naturaleza de los trabajos realizados en el taller.

3.1.13 Tecnología de la Información

En esta asignatura se hace el estudio de softwares de escritorio, como los son Word, Excel y PowerPoint, que son de extendido uso en cualquier empresa, sin importar la labor a desempeñar en ella ni su rubro. Es así como el estudio de dichos softwares y el correcto aprendizaje de su manejo son de gran importancia para la formación profesional que recibió el alumno en esta asignatura.

Aunque todos hemos tenido alguna aproximación con estos programas que, siendo en su gran mayoría bastante intuitivos y amigables con el usuario, poseen varias características que son pasadas por alto al no ser de común uso pero que, sin embargo, son de gran utilidad en las labores profesionales. Justamente ahí radica la importancia de la asignatura, en el aprendizaje de forma profunda y guiada de dichas herramientas.

3.1.14 Administración

En la asignatura de administración se estudia la organización básica dentro de una empresa y sus características más importantes para entender su funcionamiento tanto interno como con su entorno inmediato. Elementos como el estudio de conceptos básicos como el organigrama y la distribución interna de una empresa en departamentos, permiten formar de antemano al alumno para comprender la distribución de responsabilidades, la jerarquía y organización interna de una empresa, permitiéndole ubicarse de manera efectiva dentro la misma. Mientras que la realización de trabajos de planificación y organización de actividades en forma empresarial y el aprendizaje

de herramientas como lo es la carta Gantt, fueron de gran utilidad para el alumno al momento de distribuir el tiempo y planificar de antemano la realización de las tareas necesarias para conseguir los objetivos del departamento encomendados.

Estos contenidos vistos en la asignatura fueron de gran utilidad para el desempeño del alumno dentro de la empresa y, particularmente, dentro del Departamento de Producción de la Empresa.

3.1.15 Preparación de Proyectos

Esta asignatura comprende desde la concepción de un proyecto, hasta su evaluación y puesta en marcha de forma efectiva. En ella se estudian las características que debe cumplir un proyecto para que este sea viable, las formas de cómo adaptar la viabilidad de un proyecto distintos escenarios y herramientas para su puesta en marcha y organización de los elementos que lo componen.

Estos conceptos vistos durante la asignatura fueron de gran utilidad para la correcta organización y coordinación del grupo de trabajo, de las herramientas, los espacios, los materiales y el tiempo al momento de planear la fabricación de cada instalación a realizar. De esta forma, el alumno es capaz de discriminar la viabilidad al momento de organizar de forma previa las tareas necesarias para la producción de los equipos, al mismo tiempo que adaptar la forma en que se realiza la producción de acuerdo con los escenarios que se van presentando en el tiempo.

3.2 COMPETENCIAS ADQUIRIDAS EN LA EMPRESA

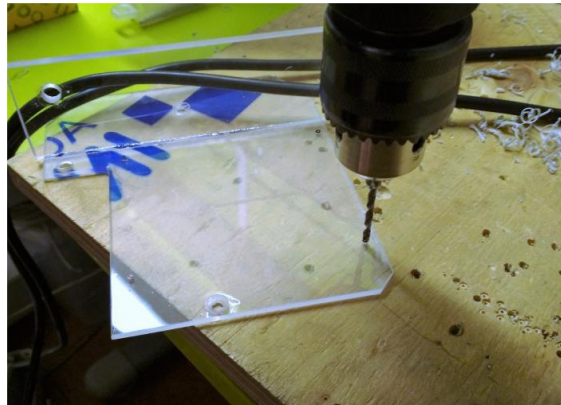
Durante la estadía en la empresa como practicante y pasante, la mayoría de las actividades que el alumno debió realizar demandan distintas capacidades y conocimientos que no se encuentran directamente relacionados con los aprendizajes adquiridos durante los estudios realizados en el periodo de la Carrera, ni de forma teórica, ni práctica. Varias de estas aptitudes que se mencionan corresponden a habilidades blandas mientras que, la otra parte, corresponde a habilidades de tipo técnicas relacionadas con la construcción y manejo de equipos y materiales.

Al mismo tiempo, existen varios elementos no vistos previamente por el alumno, del área de la electrónica y electricidad, con los que el alumno se encontró al momento de realizar sus labores dentro del Departamento de Producción y que debió aprender durante el trabajo en la empresa para poder desenvolverse en forma efectiva y profesional.

3.2.1 Trabajo con Plástico y Acrílico

Al fabricar cajas en su totalidad, es necesario realizar las perforaciones y cortes en las cajas de plástico y en los acrílicos interiores. El trabajo con estos materiales posee sus particularidades. Entre estas, está su resistencia a la temperatura por fricción, esto implica que al cortar este tipo de materiales o perforarlos, el trabajo se debe hacer sin un contacto prolongado con herramientas de giro, ya que la fricción generada calienta el material y este se derrite y termina por quemarse, dejando terminaciones estéticamente indeseadas y que pueden causar perjuicio en la instalación de conectores, tornillos y placas.

A causa de eso, el alumno debió aprender a manejar el material en cuestión utilizando herramientas de alta velocidad para el perforado o herramientas manuales, como cuchillo de acrílico, a modo de desgastar el material y quebrarlo de manera controlada para formar las placas de acrílico necesarias. Al mismo tiempo el alumno aprendió a pegar trozos de acrílico con el uso de cloroformo para fabricar soportes de placas y batería.



Fuente: manual de fabricación de LemAcqua.

Figura 3-2 Perforado de soporte de acrílico.

3.2.2 Trabajo con Metal

El trabajo con metal fue otra de las cosas que el alumno debió aprender a realizar en la tarea de construcción de equipos. Para la fabricación de la mayoría de los equipos, se requiere la instalación de soportes de acero, cuyas perforaciones para la instalación de tornillos muchas veces no poseen una ubicación ideal para la instalación en ciertos paneles solares o cajas de mayor

tamaño, o no dan en dimensiones para la instalación de tornillos más grandes. Esto hace necesario realizar perforaciones extras para poder fijar bien los soportes o para atornillarles extensiones.

En otro caso, los equipos que van en cajas metálicas requieren la instalación de porta fusibles y switches en sus chasis, así como la instalación de un switch automático interno, hexagonales y regletas de conexión en la placa interna. Estas tareas requieren también de perforar y pulir el metal, dichas tareas exigen un cuidado especial, como la utilización de gafas de protección y guantes, dadas las esquirlas que saltan y el calor que se genera al someter el material a la fricción de herramientas cortantes y brocas. Esto último hace necesario el uso de herramientas de gran potencia y brocas especiales para el trabajo de metal, dado que una broca normal se daña por la fricción con el metal y el calor generado a causa por su dureza, haciendo que esta se quemé y termine por trizar.

En equipos como los nodos para interior fabricados para Electrolux y Sopraval y los LemWeather requirieron de cortar y doblar lata y aluminio para fabricar soportes de batería, regulador y placas interiores de estos materiales. A pesar de ser materiales más blandos que el acero, suponen un manejo diferente a materiales más comunes como el plástico, el cartón o la madera, necesitan el uso de herramientas de mayor filo y mayor motricidad fina al momento de cortar y doblar el material.

3.2.3 Uso de herramientas

El trabajo descrito anteriormente deja en evidencia que el alumno debió aprender el manejo de herramientas que no son propias del trabajo electrónico como lo son, taladros de mayor potencia, herramientas de giro, herramientas cortantes de metal, brocas de cobalto, brocas de concreto, brocas diamantadas, cuchillos de acrílico, sierras para metal y distintos adhesivos y aislantes.

Aprender a operar dichas máquinas conlleva también el aprendizaje de normativas, técnicas y conductas de seguridad como parte de una formación profesional dentro del área de prevención de riesgos. Esto es de suma importancia para la empresa ya que significa mayor eficiencia al momento de trabajar en el taller y evitar accidentes por parte de los trabajadores.

La operación con dichas herramientas y el manejo de los ya descritos materiales son competencias de gran importancia técnica al momento de desempeñarse como profesional en un taller de producción, independiente que este esté orientado a la fabricación de equipos electrónicos, y dichos conocimientos no son entregados por la universidad durante el curso de la carrera de técnico electrónico al corresponder con una malla curricular propia del área de mecánica industrial.

3.2.4 Conceptos de Agronomía

LemSystem es una empresa fuertemente orientada al sector agrícola en la fabricación y venta de sus equipos, esto significa que la mayoría de los sensores, las variables y los entornos en los que trabajan los equipos están estrechamente relacionados con dicho entorno.

Al trabajar con dichos equipos y al resolver problemas, en conjunto con otros departamentos, se hizo necesario comenzar a integrar conceptos de agronomía y agricultura como son las condiciones del suelo, condiciones de luz, temperatura y humedad ambiental, la diferencia en la instalación de equipos para distintos cultivos, distribución de cultivos, las formas de riego en los campos y la forma en que estos son medidos por los equipos. Al mismo tiempo conocer el ambiente al que son sometidos los equipos en los campos donde son instalados permite al alumno fabricar los equipos de forma adecuada previendo los problemas que se generan por filtración de agua, filtración de polvo, exposición al sol de manera prolongada, exposición al viento, exposición a heces de animales y los daños por mal manejo por personas no capacitadas para operar los equipos. De la misma forma, el conocer conceptos técnicos referente a la naturaleza y entorno de las instalaciones le permite al alumno trabajar en mejor forma con los sensores que los equipos utilizan para pedir las diferentes variables críticas relacionadas con la actividad agrícola.

3.2.5 Trabajo en Equipo

Para un correcto desempeño de un grupo de trabajos es necesario que cada uno de los integrantes realice las tareas en forma coordinada con el resto del equipo, de forma que la división de estas tareas se haga en relación con una planificación debidamente programada. Para lograr esta forma de trabajo es necesario que cada integrante del equipo posea una noción de equipo, comprendiendo y respetando las responsabilidades que se le encomiendan, para lograr entre todos cumplir el objetivo final. Al mismo tiempo cada integrante debe tener noción del avance global que lleva el grupo, de esta forma es posible adaptar las tareas y actividades a cualquier imprevisto que pueda aparecer durante el desarrollo del trabajo.

Esta metodología de trabajo, que fue vista de alguna forma durante el trabajo en los laboratorios durante la Carrera, es de gran importancia para el desarrollo del trabajo de un Departamento de Producción dado la frecuencia en la producción de los equipos, así como en la envergadura de los proyectos que se le demanda realizar. El elemento fundamental para el correcto desempeño de un grupo de personas trabajando en conjunto es la comunicación, la correcta comunicación entre las partes del equipo les permite funcionar a todos como una unidad de forma coordinada y eficiente.

3.2.6 Armado y Análisis de Equipos

El constante trabajo en la fabricación de equipos y la resolución de problemas de funcionamiento que surgían del control de calidad y de la revisión de equipos entregados para mantenimiento, significó para el alumno adquirir aptitudes con el manejo de equipos electrónicos en forma integral. Este aprendizaje y experiencia permiten prever posibles fallas y evitarlas en el momento de la fabricación y armado, como comprender y analizar en mejor forma los desperfectos conociendo el funcionamiento del equipo desde su manufactura.

Habilidades particulares dentro de la fabricación de equipos son el crimpeo de cables y el cableado de equipos, la fabricación de monturas y cajas para placas electrónicas, el soldado de placas electrónicas y componentes SMD, la conexión de paneles solares y tableros electrónicos, y el uso de conectores de distinto tipo como son los de red, conectores terminales, crimps, entre otros.

Por otro lado, en el ámbito del análisis de equipos, se contempla la medición del consumo eléctrico de los equipos, la revisión de la comunicación inalámbrica entre ellos y la revisión del estado de conexiones, placas, baterías, sistemas de alimentación y daños estructurales de los equipos que pudiesen afectar su funcionamiento.

Esta visión global de un equipo es de gran valor para el desempeño como técnico electrónico permitiéndole al alumno comprender un equipo de forma integral, al mismo tiempo le es posible, de esta forma, entender efectivamente, haciendo uso de los conocimientos teóricos adquiridos en su formación universitaria, la relación entre estructura y funcionamiento haciendo mucho más eficiente cualquier tarea de análisis, revisión, reparación y fabricación de un equipo o una de sus partes.

3.2.7 Configuración de Redes

Finalmente, el trabajo con redes de equipos, que utilizan el protocolo Zigbee y que al mismo tiempo se comunican con un servidor central por medio de internet, hizo necesario que el alumno aprendiera herramientas y métodos de como configurar redes de equipos, como configura puntos de acceso a internet, módems inalámbricos y cómo manejar una terminal UNIX para acceder de forma remota a un servidor y visualizar datos enviados desde equipos instalados y en control de calidad.

Junto a la forma en que se realizan las configuraciones necesarias para que los equipos se comuniquen entre sí y con el servidor, se aprendieron conceptos como conexiones de tipo DHCP, la dirección MAC, la dirección IP, máscara de red y canal de transmisión. Además de los conceptos

y formas de trabajar con estas redes, el trabajo día a día con ellas hizo que el alumno debiese enfrentarse a resolver problemas de comunicación entre equipos y de conexión con internet, lo que le entregó cierta experticia al momento de solucionar problemas de dicha índole.

3.3 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN RECIBIDA

Varias de las competencias que fueron necesarias adquirir por el alumno se escapan a la formación como técnico especializado en electrónica por pertenecer a otras áreas profesionales como la mecánica y la agronómica, o son propias de otras especialidades de la electrotecnia como son las telecomunicaciones y la electricidad.

Sin embargo, existen competencias prácticas correspondientes al ámbito del desempeño como técnico electrónico que, aunque dependen de la naturaleza del trabajo a realizar, son de gran importancia para la formación integral como profesional considerando las capacidades requeridas en el ámbito laboral. Entre estas aptitudes se encuentran las técnicas de soldadura y armado de placas, cuya formación no existe de manera formal durante el transcurso de la Carrera y cuya realización se demanda en el trabajo como técnico electrónico. De la misma forma, el armado de equipos y el manejo de herramientas básicas como son las crimpeadoras, no se contempla en el desarrollo de la Carrera, volviendo de estricta responsabilidad del alumno conseguir cierto nivel de experticia en dichas tareas.

Por otro lado, existen competencias que son importantes de forma transversal para todo profesional como son la comunicación efectiva, el trabajo en equipo y la gestión de tareas que, por la forma en que se abordan los laboratorios en la Carrera, no permiten un desarrollo efectivo de dichas habilidades blandas, y que son de fundamental necesidad al momento de desempeñarse dentro de un grupo de trabajo en el ámbito laboral. Al realizarse el trabajo en laboratorio en parejas o de forma individual y sin una interacción participativa como curso, donde los esfuerzos y conocimientos se compartan al momento de perseguir un objetivo común y analizar los resultados, hace difícil adaptarse a un ambiente donde la correcta coordinación y participación de cada integrante de un grupo es crucial para el desempeño de este como unidad. Al mismo tiempo que el desarrollo de los laboratorios, en la mayoría de las asignaturas, se realiza exclusivamente como una actividad de evaluación, limita que el alumno adquiera una visión de los errores como una situación a prever de antelación y de la cual obtener conclusiones productivas, si no que como un inconveniente que significa un perjuicio, esto provoca una disposición reacia y de inseguridad al momento de enfrentarse a tareas nuevas y desconocidas.

Finalmente, fuera de dichas habilidades que corresponden a la formación blanda o integral por parte de la Carrera, se puede concluir que la enseñanza teórica y práctica en el área de la

electrónica es de una excelente calidad, y que dichos aprendizajes en las instancias de laboratorio se hacen de forma efectiva. Esto se comprueba en el lenguaje técnico que el alumno adquiere e integra al momento de trabajar con otras personas y la capacidad de comprender tecnologías nuevas o equipos desconocidos previamente por medio del análisis o el estudio de instructivos. De la misma forma, se observa la calidad del aprendizaje durante la Carrera al momento de trabajar directamente con dispositivos electrónicos realizando mediciones y trabajando con el funcionamiento del equipo.

CONCLUSIONES

Siendo la agricultura una de las actividades económicas más importantes para el país, se hace presente la demanda de sistemas integrados para la optimización de la producción agrícola. En este contexto es que empresas como LemSystem adquiera alta relevancia para el desarrollo de la agricultura. Siendo una empresa pequeña, la venta de sus servicios es de un volumen importante, abarcando clientes prácticamente a lo largo de todo el país, incluyendo cultivos en Perú. Sin duda alguna, el proceso de práctica y pasantía desarrollado en esta empresa significó una invaluable experiencia, tanto profesional como académica, que le permitió al alumno desarrollarse en el aprendizaje de diferentes tecnologías electrónicas presentes en la industria y también tener un desarrollo profesional como técnico dentro del mundo laboral.

En el trabajo realizado en el Departamento de Producción de la empresa, el alumno pudo poner en práctica todas las aptitudes y conocimientos, de relevancia para el desempeño de las tareas, que fueron adquiridos durante la Carrera de Técnico Universitario en Electrónica con su correspondiente mención en Control Automático e Instrumentación Industrial. Esto supone la conclusión del periodo de formación profesional de carácter integral que demuestra la calidad como profesional formado por el departamento de electrónica y su grupo docente. Esto independiente de las carencias particulares que el alumno pudo tener y que debió suplir durante el desarrollo de las actividades como pasante y que se describen previamente como consecuencia de algunos métodos de enseñanza desarrollados principalmente en las actividades de laboratorio.

Dicha labor realizada en la empresa, en conjunto con este trabajo, suponen una experiencia sumamente enriquecedora para el alumno a puertas de ser profesional, entregándole una experiencia laboral de primera mano y un análisis meticuloso de dicha experiencia. Todo esto hace de la pasantía realizada un periodo de gran valor en la formación profesional de una persona.

Finalizando el periodo de pasantía de manera satisfactoria de acuerdo con la evaluación entregada por su supervisor, el alumno fue incorporado como personal de planta en el Departamento de Producción de LemSystem con el cargo de Técnico de Producción.

BIBLIOGRAFÍA

ARANCIBIA Francisco, SANCHEZ Juan. MANUAL LEMWEATHER. Viña del Mar, Chile: LemSystem SpA. 2017.

LEMSYSTEM, Lemsystem, Nuestra Empresa [en línea] < <http://lemsystem.com/empresa> > [consulta: 14 de diciembre del 2017]