



# Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS

**Titulación:** Máster Oficial en  
Automatización y  
Telecontrol para la Gestión  
de Recursos Hídricos y  
Energéticos

**Alumno/a:** Antonio Fuentes Sempere  
**Director/a/s:** José Miguel Molina Martínez  
Antonio Ruíz Canales

Orihuela, 8 de septiembre de 2017



# Agradecimientos

Quisera agradecer primeramente a mis tutores del trabajo de fin de máster, Jose Miguel Molina Martínez y Antonio Ruíz Canales por darme la oportunidad de trabajar con ellos, por apoyarme y ayudarme siempre que lo he necesitado. Más que tutores para mí habéis sido alguien en quien poder confiar y poder aprender. También me gustaría disculparme por no haber podido cumplir con todas vuestras expectativas.

Agradecer también a Juan Antonio Nicolás Cuevas, arquitecto y parte fundamental del proyecto. Muchas han sido las horas que hemos pasado codo con codo en el transcurso de este último curso. Gracias por enseñarme siempre algo nuevo cada día y por tener la paciencia de aguantarme.

Agradecer a las instituciones UMH y UPC, a sus profesores y a sus empleados que en muchos casos aun no estando relacionados directamente con el proyecto nos han ayudado sin pedir nada a cambio siempre que nos hizo falta.

Agradecer a la institución del ITAP y a sus investigadores la ayuda proporcionada tanto a la hora de la instalación como en el análisis de los datos.

Por último y no por ello menos importante agradecer a mi familia y a todos mis amigos por estar siempre ahí, asegurándose de que no me rindiera y animándome cuando lo necesitaba. Gracias a todos.



# Índice de contenidos

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS LISÍMETRO DE PESADA LISITN AC-E1.....</b>	<b>9</b>
2.1.	DESVRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO.....	10
2.2.	RECIPIENTE DE CULTIVO.....	11
2.3.	DEPÓSITO DE DRENAJE.....	13
2.4.	CAJÓN EXTERIOR.....	14
2.5.	BASE DE ASENTAMIENTO NIVELADORA.....	15
2.6.	CAJÓN DE DRENAJE.....	16
2.7.	BOMBA DE ACHIQUE.....	17
<b>3</b>	<b>DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE PESAJE.....</b>	<b>18</b>
3.1.	CÉLULAS DE CARGA: DESCRIPCIÓN, FUNCIONAMIENTO, ESQUEMAS ELÉCTRICOS.....	19
3.2.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE PESAJE DEL RECIPIENTE DE CULTIVO.....	22
3.3.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE PESAJE DEL DEPÓSITO DE DRENAJE.....	23
3.4.	VERIFICACIÓN DE LAS CÉLULAS DE CARGA.....	23
<b>4</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE PESAJE.....</b>	<b>35</b>
4.1.	SUMADORES ELECTRÓNICOS: DESCRIPCIÓN, FUNCIONAMIENTO, ESQUEMAS ELÉCTRICOS.....	36
4.2.	INDICADORES DE PESADA.....	37
4.3.	SISTEMA DE MEDIDA DEL RECIPIENTE DE CULTIVO.....	38
4.4.	SISTEMA DE MEDIDA DEL DEPÓSITO DE DRENAJE.....	39
<b>5</b>	<b>SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....</b>	<b>40</b>
5.1.	EQUIPOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	41
5.2.	DATALOGGER CR300.....	41
5.3.	COMUNICACIONES INDUSTRIALES.....	43
5.4.	CONVERSORES RS232 A RS485.....	44
5.5.	PROTOCOLO DE COMUNICACIONES: MODBUS.....	44
5.6.	COMUNICACIÓN CR 300 CON LOS INDICADORES DE PESADA.....	46
<b>6</b>	<b>SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>48</b>
6.1.	EQUIPOS DE CONTROL: SALIDAS DIGITLES, SALIDAS PWM, SALIDAS ANALÓGICAS.....	49
6.2.	RELÉS Y CONTACTORES.....	49
6.3.	ACTUADORES: ELECTROVÁLVULAS.....	51
6.4.	SISTEMA DE CONTROL PARA LA GESTIÓN DEL DEPÓSITO DE DRENAJE.....	52
6.5.	ACTUADORES: VENTILADORES PARA CUADROS ELÉCTRICOS.....	53
<b>7</b>	<b>SISTEMA DE TELEMETRÍA.....</b>	<b>55</b>
7.1.	TELEMETRÍA Y TELECONTROL.....	56
7.2.	COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.....	57
7.3.	EQUIPOS DE COMUNICACIONES PARA DATALOGGERS.....	59
7.4.	MÓDULO DE COMUNICACIONES CS-3G.....	60
7.5.	SIM M2M WIRELESSLOGIC.....	63
7.6.	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA.....	65
<b>8</b>	<b>SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL.....</b>	<b>68</b>
8.1.	SORFTWARE PARA DATALOGGERS CAMPBELLSCI.....	69
8.2.	LOGGERNET PARA PC.....	70
8.3.	ALGORITMO DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	75
8.4.	ALGORITMO DE CONTROL DEL DEPÓSITO DE DRENAJE.....	80
8.5.	ALGORITMO DE CONTROL PID DE TEMPERATURA DEL CUADDRO.....	82
8.6.	LOGGERNET PARA DISPOSITIVOS MÓVILES.....	83

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

<b>9</b>	<b>DISEÑO Y CÁLCULO DEL CUADRO DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL.....</b>	<b>85</b>
9.1.	CONSUMO ENERGÉTICO .....	86
9.2.	CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES .....	87
9.3.	BORNEROS, BASES DE ENCHUFE Y CONECTORES .....	88
9.4.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN .....	95
9.5.	ESQUEMA ELÉCTRICO CON EPLAN .....	96
9.6.	DIMENSIONADO DEL CUADRO DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL.....	98
9.7.	MECANIZADO Y MONTAJE DEL CUADRO .....	99
9.8.	CABLEADO Y MARCADO .....	101
<b>10</b>	<b>INSTALACIÓN EN EL CAMPO .....</b>	<b>103</b>
10.1.	FINCA DE ENSAYO.....	104
10.2.	INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE LISIMETRÍA .....	106
10.3.	VERIFICACIÓN, CALIBRACIÓN Y PUESTA EN MARCHA .....	116
<b>11</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>118</b>
11.1.	LISÍMETRO DE REFERENCIA .....	119
11.2.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE AMBOS LISÍMETROS .....	121
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.....</b>	<b>122</b>
<b>13</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>126</b>
1.-	PRESUPUESTO ECONÓMICO .....	127
2.-	MANTENIMIENTO DEL EQUIPO .....	128



# Índice de figuras

FIGURA 1.- VISTA TRIDIMENSIONAL DE EQUIPO DE LISIMETRÍA DE PESADA LISITN AC-E1 .....	10
FIGURA 2.- VISTA TRIDIMENSIONAL DE LOS COMPONENTES DE LISIMETRÍA DE PESADA LISITN AC-E1. ....	11
FIGURA 3.- DIMENSIONES EN PLANTA DEL RECIPIENTE DE CULTIVO.....	12
FIGURA 4.- DIMENSIONES DEL RECIPIENTE DE CULTIVO .....	12
FIGURA 5.- SISTEMA DE NIVELACIÓN DEL CAJÓN INTERIOR.....	13
FIGURA 6.- GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DEL DEPÓSITO DE DRENAJE .....	13
FIGURA 7.- VISTA AXONOMÉTRICA Y DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA INTERIOR DE APOYO.....	14
FIGURA 8.- CAJÓN EXTERIOR.....	15
FIGURA 9.- VISTA AXONOMÉTRICA DE LA BASE DE ASENTAMIENTO NIVELADORA Y CAJÓN DE DRENAJE ....	16
FIGURA 10.- GEOMETRÍA Y DIMENSIONES BASE DE ASENTAMIENTO NIVELADORA Y CAJÓN DE DRENAJE ...	16
FIGURA 11.- GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DEL CAJÓN DE DRENAJE .....	17
FIGURA 12.- BOMBA DE SUCCIÓN SUMERGIBLE POW67900 .....	17
FIGURA 13.- CONEXIÓN ELÉCTRICA CÉLULA DE CARGA. ....	19
FIGURA 14.- CÉLULA MONOPLATO .....	20
FIGURA 15.- CÉLULA FLEXIÓN .....	20
FIGURA 16.- CÉLULA DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN.....	21
FIGURA 17.- CÉLULA DE COMPRESIÓN DE ALTA CAPACIDAD .....	21
FIGURA 18.- CÉLULA DE CARGA MODELO 300 CON ACCESORIO DE APOYO SILENT BLOCK .....	22
FIGURA 19.- VERIFICACIÓN CÉLULA DE CARGA 1.....	30
FIGURA 20.- VERIFICACIÓN CÉLULA DE CARGA 2.....	31
FIGURA 21.- VERIFICACIÓN CÉLULA DE CARGA 3.....	32
FIGURA 22.- VERIFICACIÓN CÉLULA DE CARGA 4.....	33
FIGURA 23.- VERIFICACIÓN CÉLULA DE CARGA 5.....	34
FIGURA 24.- SUMADOR ELECTRÓNICO DE 4 CÉLULAS.....	36
FIGURA 25.- CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL SUMADOR.....	36
FIGURA 26.- INDICADOR DE PESAJE SWIFT .....	37
FIGURA 27.- DIMENSIONES SWIFT .....	38
FIGURA 28.- CONEXIONES 4 HILOS Y 6 HILOS .....	38
FIGURA 29.- CONVERTOR DE 4 A 6 HILOS .....	39
FIGURA 30.- DATALOGGER CR300 .....	42
FIGURA 31.- CONVERTOR CRS-485 .....	44
FIGURA 32.- CONEXIONES CRS-485 .....	46
FIGURA 33.- BUS MODBUS CONECTADO AL SWIFT .....	47
FIGURA 34.- BUS MODBUS CONECTADO AL CRS-485 Y CONEXIÓN PUERTO SERIE DEL CR300 .....	47
FIGURA 35.- ESQUEMA FUNCIONAMIENTO RELÉ.....	50
FIGURA 36.- RELÉ 24V DC OMRON.....	50
FIGURA 37.- DIMENSIONES ELECTROVÁLVULA M&M.....	51
FIGURA 38.- GRÁFICA DE LA DESCARGA DEL DEPÓSITO DE DRENAJE .....	52
FIGURA 39.- VENTILADOR COSTECH.....	53
FIGURA 40.- FILTRO AG12U LOTECH .....	54
FIGURA 41.- DIBUJO REPRESENTATIVO TELEMETRÍA.....	56
FIGURA 42.- MODEM COM111 .....	61
FIGURA 43.- CONEXIÓN RS-232.....	62
FIGURA 44.- ANTENA CON SOPORTE.....	62
FIGURA 45.- INTERFAZ SOFTWARE NETEXTENDER .....	63
FIGURA 46.- SERVICIOS WIRELES LOGIC.....	64
FIGURA 47.- RANURA TARJETA SIM .....	65
FIGURA 48.- INTERFAZ MDA 1 .....	65
FIGURA 49.- INTERFAZ MDA 2 .....	66
FIGURA 50.- INTERFAZ MDA 3 .....	67
FIGURA 51.- INTERFAZ LOGGNET 1.....	70
FIGURA 52.- INTERFAZ LOGGNET 2.....	71
FIGURA 53.- INTERFAZ LOGGNET 3.....	71
FIGURA 54.- INTERFAZ LOGGNET 4.....	72

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

FIGURA 55.- INTERFAZ LOGGERNET 5 .....	72
FIGURA 56.- INTERFAZ LOGGERNET 6 .....	73
FIGURA 57.- INTERFAZ LOGGERNET 7 .....	74
FIGURA 58.- INTERFAZ LOGGERNET 8 .....	74
FIGURA 59.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DEL DEPÓSITO DE DRENAJE .....	80
FIGURA 60.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL PID DE TEMPERATURA .....	82
FIGURA 61.- SEGUNDO ATRIBUTO DEL MÉTODO PANELTEMP .....	83
FIGURA 62.- INTERFAZ APP LOGERNET .....	83
FIGURA 63.- MAGNETOTÉRMICO Y DIFERENCIAL .....	87
FIGURA 64.- BORNEROS .....	88
FIGURA 65.- BASE DE ENCHUFE .....	89
FIGURA 66.- PASAMUROS USB .....	89
FIGURA 67.- PASAMUROS USB INSTALADO .....	90
FIGURA 68.- CONECTORES UTILIZADOS.....	90
FIGURA 69.- PRENSAESTOPA .....	91
FIGURA 70.- ZOCALO RECTO Y CUBIERTA .....	91
FIGURA 71.- CATÁLOGO GAESTOPAS .....	91
FIGURA 72.- ESQUEMA ELÉCTRICO EPLAN 1 .....	96
FIGURA 73.- ESQUEMA ELÉCTRICO EPLAN 2 .....	96
FIGURA 74.- ESQUEMA ELÉCTRICO EPLAN 3 .....	97
FIGURA 75.- ESQUEMA ELÉCTRICO EPLAN 4 .....	97
FIGURA 76.- ESQUEMA ELÉCTRICO EPLAN 5 .....	98
FIGURA 77.- CUADRO ELÉCTRICO Y PLACA DE MONTAJE .....	98
FIGURA 78.- MONTAJE ELÉCTRICO REALIZADO .....	99
FIGURA 79.- LABORATORIO DE AGROMÓTICA Y DEL MAR.....	100
FIGURA 80.- CUADRO ELÉCTRICO .....	101
FIGURA 81.- CABLE AFIRENAS L H07Z1-K Y PUNTERAS AISLADAS .....	102
FIGURA 82.- SEÑALIZADORES TIPO LEGRAND .....	102
FIGURA 83.- PLANO SITUACIÓN LISÍTN AC-E1 .....	104
FIGURA 84.- PLANO EMPLAZAMIENTO LISÍTN AC-E1 .....	105
FIGURA 85.- LOCALIZACIÓN LISÍTN AC-E1 .....	105
FIGURA 86.- VISTA AÉREA LISÍTN AC-E1 .....	106
FIGURA 87.- PERFIL DE EXCAVACIÓN.....	106
FIGURA 88.- INSTALACIÓN LISÍTN AC-E1.....	107
FIGURA 89.- COLOCACIÓN LÁMINA GEOTEXTIL .....	107
FIGURA 90.- DEPÓSITO DRENAJE Y RECIPIENTE DE CULTIVO .....	108
FIGURA 91.- SISTEMA DE VENTILACIÓN .....	108
FIGURA 92.- COLOCACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERIOR DE APOYO Y DE LA BOMBA DE SUCCIÓN .....	109
FIGURA 93.- CABLEADO Y MANGUERA FLEXIBLE A TRAVÉS DEL ORIFICIO FRONTAL.....	109
FIGURA 94.- FIJACIÓN DEL CABLEADO INTERIOR MEDIANTE BRIDAS .....	110
FIGURA 95.- ELECTROVÁLVULA NORMALMENTE ABIERTA .....	110
FIGURA 96.- NIVELACIÓN Y CALIBRACIÓN.....	111
FIGURA 97.- COLOCACIÓN DE TAPONES Y LA LÁMINA GEOTEXTIL .....	111
FIGURA 98.- VISTA DEL LISÍMETRO CON LA LÁMINA ASFÁLTICA Y GEOTEXTIL .....	112
FIGURA 99.- RELLENADO CON GRAVA Y TIERRA DEL RECIPIENTE DE CULTIVO .....	112
FIGURA 100.- SELLADO DE LA LÁMINA ASFÁLTICA .....	113
FIGURA 101.- VISTA DEL LISÍMETRO ANTES DEL RELLENO DE LA EXCAVACIÓN .....	113
FIGURA 102.- CONEXIONES ELÉCTRICAS EN LA ARQUETA.....	114
FIGURA 103.- ENTRADA DEL CABLEADO AL RECINTO SUBTERRÁNEO .....	114
FIGURA 104.- CONEXIONADO DEL CUADRO ELÉCTRICO .....	114
FIGURA 105.- RELLENO DE LA EXCAVACIÓN.....	115
FIGURA 106.- SEÑALIZACIÓN LISÍTN AC-E1 .....	115
FIGURA 107.- CONEXIONES Y FUNCIONAMIENTO DEL CUADRO ELÉCTRICO.....	116
FIGURA 108.- CULTIVO SOBRE EL LISÍMETRO.....	117
FIGURA 109.- CUADRO ELÉCTRICO TRAS LA REVISIÓN.....	117
FIGURA 110.- CUADRO ELÉCTRICO TRAS LA REVISIÓN.....	119
FIGURA 111.- CUADRO ELÉCTRICO TRAS LA REVISIÓN.....	120
FIGURA 112.- CUADRO ELÉCTRICO TRAS LA REVISIÓN.....	120

# Índice de tablas

---

TABLA 1.- CÉLULA DE CARGA UTILCELL MÓDELO 300 .....	23
TABLA 2.- CONEXIONES CRS-485 .....	47
TABLA 3.- INPUT REGISTERS .....	79
TABLA 4.- COILS .....	81
TABLA 5.- DIMENSIONES PRENSAESTOPAS .....	91
TABLA 6.- COMPARACIÓN DE DATOS.....	121
TABLA 7.- PRESUPUESTO.....	127



# Introducción y objetivos

*En este primer capítulo se expondrá el objetivo del proyecto, así como las metas fijadas para su consecución.*

MH UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

## 1.1. Introducción

Como es sabido, el agua es un recurso escaso necesario para la vida. Una gran parte del agua dulce se destina a la agricultura. Del 98 al 99% del agua utilizada por los cultivos se pierde en la atmósfera como vapor de agua a través de la evapotranspiración. La evapotranspiración es la suma de la evaporación y de la transpiración (evaporación del agua desde el interior de la planta a través de las estomas). El 1% restante representa el agua utilizada en los procesos fisiológicos (p. ej. síntesis de proteínas, asimilación del CO<sub>2</sub>, etc.), debido a esto, la necesidad de agua de un cultivo se define sólo como la cantidad de agua requerida para compensar las pérdidas producidas por evapotranspiración de un campo de cultivo.

El estudio de las relaciones suelo-agua-planta tiene en cuenta las propiedades del agua, los procesos en los que interviene el agua en la planta y la demanda evapotranspirativa de la atmósfera. La idea central es que el suelo, la planta y la atmósfera forman un sistema físico, un continuo, en el que la planta es la vía por la que el agua pasa del suelo a la atmósfera, el continuo suelo-planta-atmósfera. Este flujo del agua entre el suelo y la atmósfera se produce en el sentido del potencial hídrico decreciente y está regulado por los procesos fisiológicos de la planta.

Debido a esto una de las maneras que existen para calcular la evotranspiración de un cultivo es con una estación agroclimática, son fiables y no precisan de gran obra de instalación. Aunque es un método bastante usado no deja de ser un sistema de cálculo y no de medida. Para realizar medidas de evotranspiración directamente sobre un cultivo se desarrollaron los lisímetros. Un lisímetro es un dispositivo en forma de maceta que se introduce en el suelo, se rellena con la tierra de los alrededores y luego se cultiva (Tanto el terreno perteneciente al lisímetro como al resto de la parcela). La medida de la evapotranspiración se determina utilizando el balance hídrico dentro del dispositivo. Normalmente los lisímetros están dotados de una balanza en la parte inferior que mide la diferencia de peso de la maceta a lo largo del tiempo, de modo que la diferencia entre el agua regada y el agua dreanada deberá ser el agua evotranspirada. El agua absorbida por la planta y el crecimiento de la misma es despreciable en la medición por la diferencia que existe en la escala de tiempo, ya que las mediciones se toman cada pocos minutos (donde se puede apreciar la evotranspiración) y un crecimiento notable de la planta puede tardar varios días.

El problema que presentan los lisímetros es que requieren una gran obra para su instalación, con el elevado coste que ello presenta y además de que una vez es realizada ya no se puede mover. Por ello es muy frecuente que el control de un cultivo se realice con estaciones agroclimáticas a pesar de no realizar una medida real.

### **1.1.1 Objetivo del proyecto**

El objetivo del proyecto es el de crear un método de lectura de la evotranspiración fiable y real (no calculada), que no requiera un gran coste y que pueda ser fácilmente reubicado de ser necesario. De esta manera se optó por diseñar un lisímetro de tamaño reducido que fuera posible de instalar en una parcela sin necesidad de obra mayor. Si es verdad que ya existen precedentes de lisímetros con estas características, pero en el presente proyecto se ha tomado la determinación de reducir aun más los costes y de que la tarea de instalación sea lo más sencilla posible. Para ello un nuevo diseño en la maceta y en el cuadro de adquisición de datos y control se pondrán a prueba realizando medidas comparativas con un lisímetro de la vieja escuela.

Además de los aspectos expuestos durante la realización del proyecto se ha tenido muy en mente el querer realizar un sistema de telemetría para poder recoger y observar en cualquier momento los datos recogidos y también ser capaz de monitorear diversas variables de estado que permitan saber que está ocurriendo en el lisímetro.



## **Descripción y características del lisímetro de pesada LisiTN AC-E1**

*En el presente capítulo se recopila toda la información relacionada con el lisímetro de pesada utilizado en el proyecto.*

## **2.1. Descripción general del funcionamiento**

El equipo de lisimetría de pesada LisiTN AC-E1 consiste en una estructura de acero inoxidable formada por chapas y barras que lo envuelven a modo de contenedor exterior. Esta estructura de contención del terreno descansa sobre una base rígida que a su vez transmite las cargas al terreno. En el interior de la estructura de contención del terreno, el recipiente de cultivo apoya sobre una estructura interior donde se encuentran las 5 células de carga: 4 para el recipiente de cultivo y 1 para el recipiente de recogida del agua drenada por el recipiente de cultivo. La señal de las células de carga es leída y almacenada en un datalogger. El agua de drenaje es recolectada mediante un sistema de recipientes por gravedad y pesada, controlado por electroválvulas. Las electroválvulas están alimentadas mediante corriente eléctrica de 24 voltios y todo el sistema está conectado a un cuadro de maniobra conectado también a la red eléctrica. Desde el cuadro de maniobra, la información de las células de carga es enviada mediante una señal wifi a un servidor ubicado en la nube.

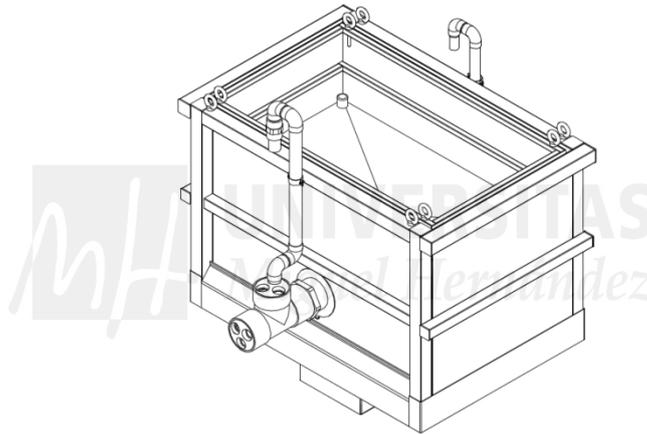


Figura 1. Vista tridimensional de equipo de lisimetría de pesada LisiTN AC-E1.

El equipo de lisimetría de pesada LisiTN AC-E1 comprende los siguientes elementos:

- Un cajón exterior.
- Una base de asentamiento niveladora.
- Una estructura interior de apoyo del recipiente de cultivo.
- Un recipiente de cultivo que permite la recogida del agua drenada.
- Medios de pesaje del recipiente de cultivo dispuestos bajo la superficie de apoyo de modo que el peso descansa sobre ellos.
- Una válvula motorizada para controlar el vaciado del recipiente de cultivo.
- Un recipiente para permitir la recogida del agua drenada por el recipiente de cultivo (depósito de drenaje).
- Medios de pesada del recipiente de recogida del agua drenada.

- Una válvula motorizada para controlar el vaciado del recipiente de recogida del agua drenada.
- Un recipiente para permitir la evacuación del agua drenada y el achique de las aguas de infiltración y las aguas pluviales (cajón de drenaje).
- Una bomba de agua sumergible para el achique de las aguas de infiltración y de las aguas pluviales.

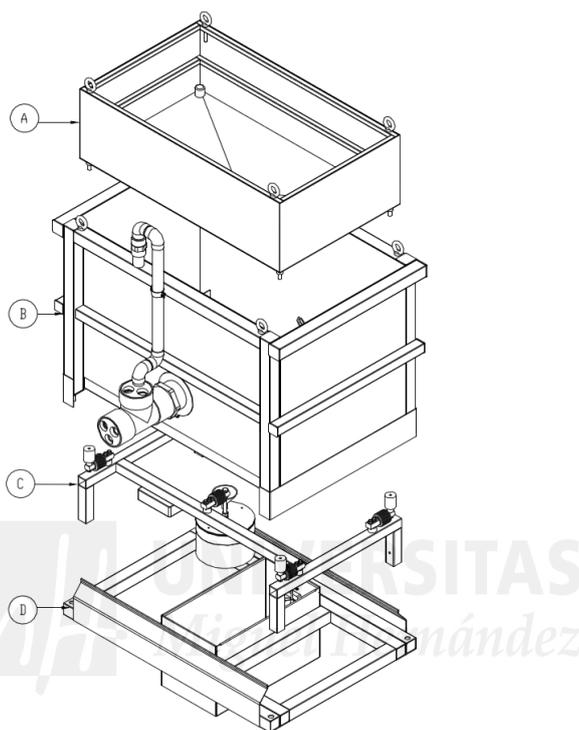


Figura 2. Vista tridimensional de los componentes equipo de lisimetría de pesada LisiTN AC-E1: A) Recipiente de cultivo que permite la recogida del agua drenada; B) Cajón exterior; C) Estructura interior de apoyo del recipiente de cultivo; D) Base de asentamiento niveladora.

## **2.2. Recipiente de cultivo**

El recipiente de cultivo del equipo de lisimetría está formado por chapas acero inoxidable dobladas y soldadas entre sí. En el interior del mismo se disponen unas barras horizontales, a modo de anillos paralelos, para aumentar la resistencia y reducir las deformaciones de las chapas. Las medidas del recipiente de cultivo son 1000 mm x 600 mm, con una profundidad en los extremos de 300 mm y en el centro de 350 mm. Las dimensiones fueron determinadas para acomodar 6 plantas de lechuga dispuestas al tresbolillo, con una separación entre plantas de 330 mm y entre hileras de 191 mm aproximadamente. El fondo del recipiente de cultivo tiene forma troncopiramidal para facilitar el drenaje y evitar la acumulación de agua en el fondo. En el punto más bajo se dispone un orificio para la salida del agua drenada.

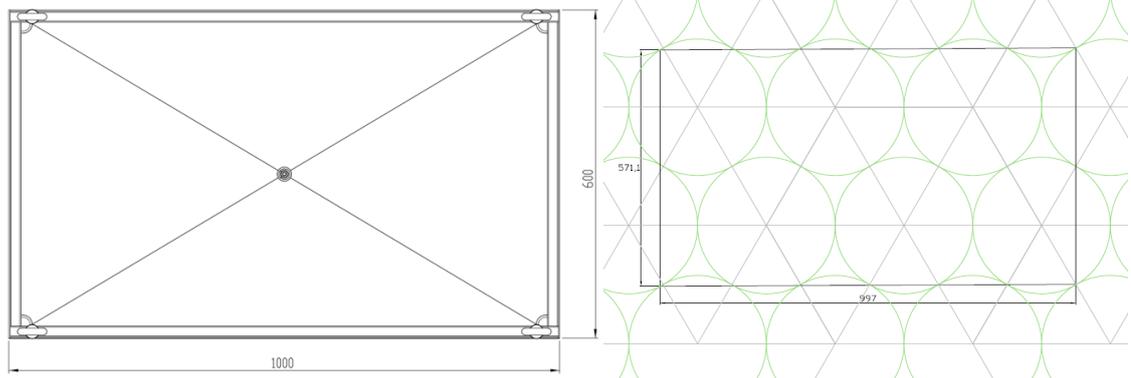


Figura 3. Dimensiones en planta del recipiente de cultivo, de 1000 mm x 600 mm, adecuadas para un marco de plantación de 6 lechugas dispuestas al tresbolillo.

El equipo de lisimetría diseñado es del tipo denominado “reconstituido”, por lo que el suelo dentro del recipiente de cultivo es el mismo suelo que el original antes de la excavación del pozo, que se colocó igualando las condiciones de distribución y compactación originales. Para mejorar el rendimiento del sistema de drenaje, en la parte más profunda del recipiente de cultivo se colocó primero una lámina geotextil, después una capa de grava de 50 mm, y seguidamente un segundo geotextil. Esta capa cumple la función de filtro para evitar la obturación del sistema de drenaje y permite el movimiento libre del agua al sistema de drenaje. Los 300 cm siguientes son ocupados por el suelo reconstituido.

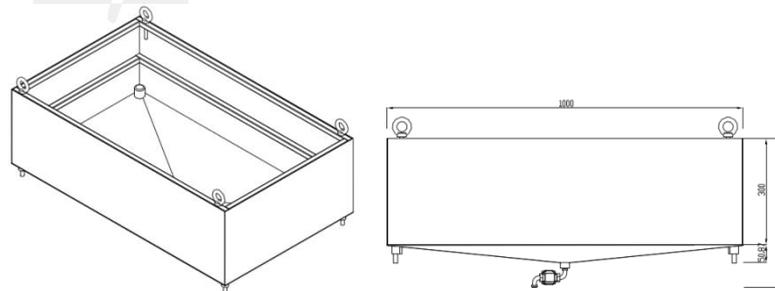


Figura 4. Dimensiones del recipiente de cultivo, de 1000 mm x 600 mm.

El sistema de nivelación del recipiente de cultivo permite reducir los tiempos de montaje gracias a una nivelación sencilla y precisa. El recipiente de cultivo dispone de 4 casquillos portantes soldados en las proximidades de las esquinas del mismo, a través de los cuales también pasan unos tornillos que transmiten las cargas a las células de carga a través de los silentblock. El tornillo de nivelación y el silentblock están situados en un mismo eje e impiden aplicaciones asimétricas de fuerza en el mecanismo de elevación. Se dispone de una junta tórica de goma entre la tuerca/tornillo de nivelación y la superficie de apriete que asegura la estanqueidad. La fijación de la posición extrema inferior se realiza mediante una tuerca.

El tapón del sistema de nivelación es de plástico y permite la protección de la rosca frente al terreno de relleno del cajón interior.

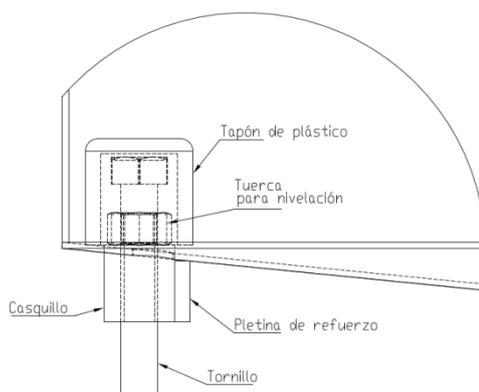


Figura 5. Sistema de nivelación del cajón interior.

### 2.3. Depósito de drenaje

Bajo el recipiente de cultivo se ubica el sistema de drenaje formado por un depósito cilíndrico de acero inoxidable con el fondo curvo para facilitar la evacuación, cuya función es recolectar el agua de drenaje para su posterior medición.

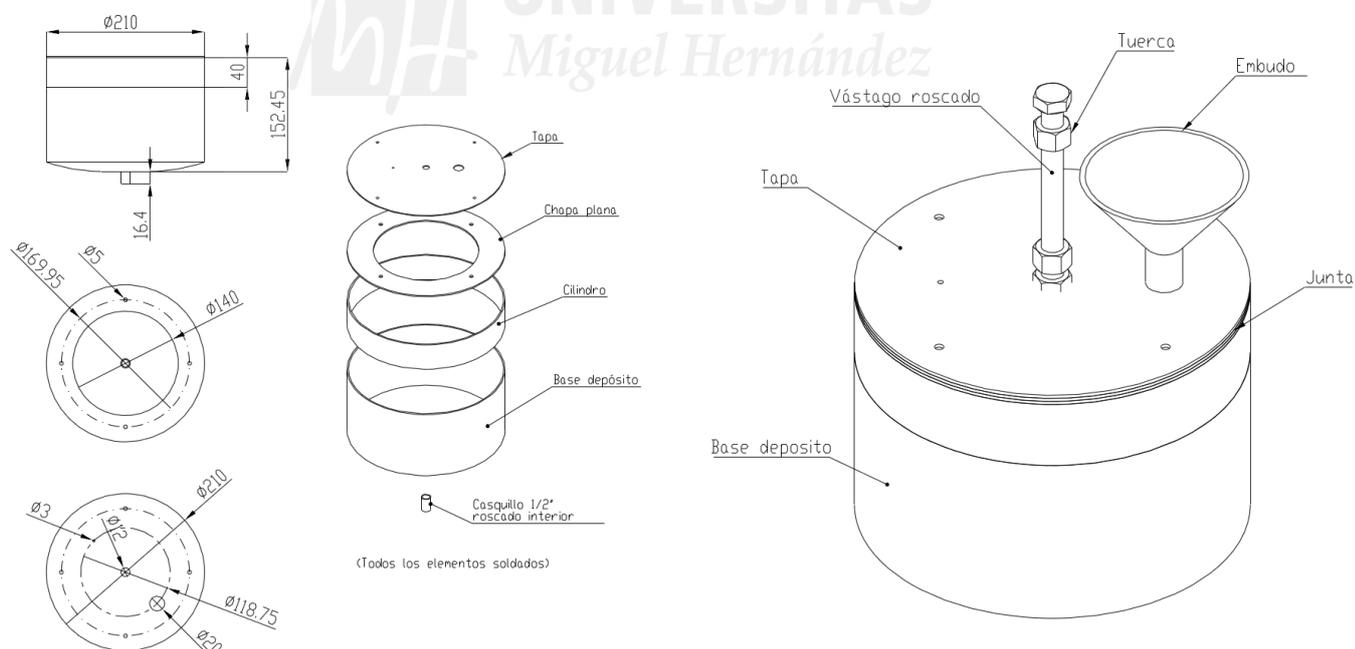


Figura 6. Geometría y dimensiones del depósito de drenaje. Vista axonométrica del depósito de drenaje con el embudo y el vástago roscado para suspenderlo de la célula de carga.

El depósito de drenaje pende de una célula de carga al que está sujeto mediante un vástago roscado. El agua procedente del recipiente de cultivo se conduce al depósito de drenaje mediante un embudo.

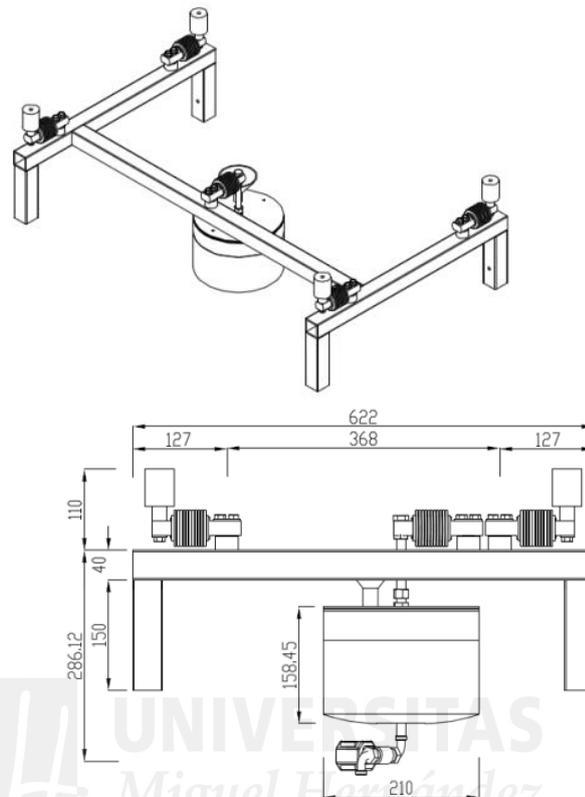


Figura 7. Vista axonométrica y dimensiones de la estructura interior de apoyo del recipiente de cultivo y el depósito de drenaje.

Las células de carga se instalan en una estructura interior sobre la que apoya el recipiente de cultivo y de la que se cuelga el depósito de drenaje. Para la estructura interior de apoyo se emplean perfiles de dimensiones 40 mm x 40 mm y espesor 2 mm.

## **2.4. Cajón exterior**

Se trata de un contenedor enterrado en contacto con el terreno, con unas dimensiones interiores libres de 1030 mm de largo, 630 mm de ancho para los tres prototipos LISITN AC-E1, LP2 y LP3. Por tanto, la separación entre el recipiente de cultivo y el contenedor exterior es de 15 mm a cada lado. La profundidad del contenedor se ha ido optimizando en los distintos prototipos siendo de 660 mm para el LISITN AC-E1, de 630 mm para el LP2 y de 600 mm para el LP3.

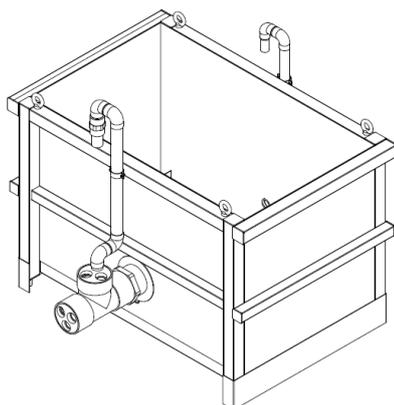


Figura 8. Cajón exterior.

En el equipo de lisimetría LISITN AC-E1 la estructura está formada por perfiles tubulares #40.40.2 y chapas de espesor 2 mm. Los orificios para la salida del cableado, el tubo de evacuación de la bomba de achique y las ventilaciones se han integrado en una única salida para facilitar el montaje y la solución final.

En el modelo LISITN AC-E1, las dos chapas longitudinales presentan en la parte inferior un orificio en el centro, en su parte inferior. El orificio de diámetro 126 mm se utiliza para la salida del cableado de las células de carga, de las válvulas motorizadas y del tubo flexible de evacuación procedente de la bomba de succión sumergible. Estas conexiones son envainadas mediante una pieza de PVC en T que permite la conexión en vertical de un tubo de PVC de diámetro 40 mm para la ventilación. Este tubo vertical se remata mediante una forma en U invertida, formada por dos codos y una pieza de filtro de válvula de retención, que impide la entrada de agua y cuerpos extraños que puedan obturarlo. El orificio de diámetro 30 mm situado en la chapa opuesta se utiliza para conseguir una ventilación del interior del cajón exterior de forma similar a la descrita anteriormente. Para ello también se utiliza un tubo de PVC, pero esta vez el tubo es de diámetro 30 mm, que se remata mediante una forma en U invertida, formada por dos codos y una pieza de filtro de válvula de retención, que impide la entrada de agua y cuerpos extraños.

## 2.5. Base de asentamiento niveladora

Para mejorar la capacidad de apoyo de la estructura de contención con el terreno se dota a la estructura de una base a modo cimentación superficial y poder transmitir las cargas al terreno de forma aceptable por el mismo. Esta base asegura con una superficie de apoyo con la que poder nivelar el contenedor exterior ante los posibles asentamientos.

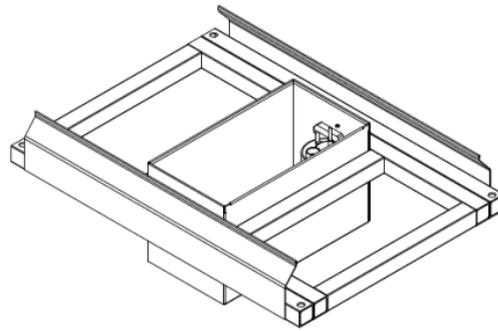


Figura 9. Vista axonométrica de la base de asentamiento niveladora con el cajón de drenaje.

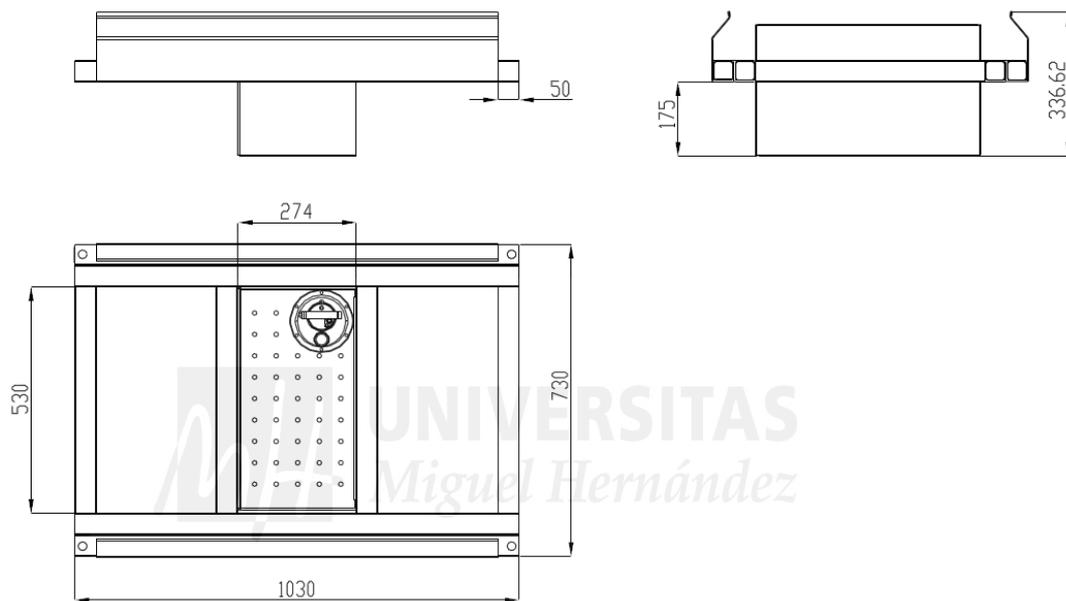


Figura 10. Geometría y dimensiones de la base de asentamiento niveladora con el cajón de drenaje.

Entre los perfiles de esta estructura se dispone de una caja abierta en la parte superior y perforada en la base que permite drenar el agua vertida por el depósito de drenaje a la vez que aloja la bomba de succión sumergible.

## **2.6. Cajón de drenaje**

En el equipo de lisimetría LisiTN AC-E1E1, el cajón de drenaje está soldado a la base de asentamiento niveladora. El cajón está formado por chapas de espesor 2 mm soldadas entre sí cuyas dimensiones se muestran en las siguientes figuras. La chapa del fondo tiene perforaciones de diámetro 5 mm con una separación de 25 mm en las dos direcciones para permitir la salida del agua procedente del depósito de drenaje.

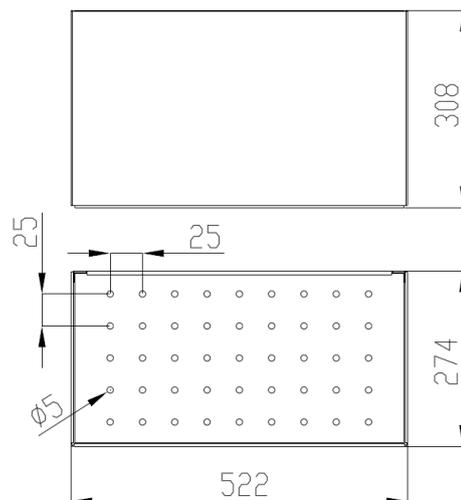


Figura 11. Geometría y dimensiones del cajón de drenaje.

## 2.7. Bomba de achique

La cantidad de agua que pueda entrar al espacio del fondo del equipo de lisimetría, como consecuencia de los excesos provocados por precipitaciones intensas o el aumento del nivel freático, es extraída mediante una bomba de succión sumergible que se conecta a un tubo de goma flexible que conduce el agua drenada al exterior y la vierte a una distancia de al menos 4 m del equipo de lisimetría. De este modo no se interfiere con el crecimiento de las plantas situadas en las proximidades del equipo de lisimetría.

Especificaciones:

- Potencia nominal: 200W
- Longitud del cable: 10m (modificado a 3 m)
- Temperatura máxima: 35°
- Altura de presión máxima: 5m
- Grado de protección: IPX8 (protegido contra inmersión a cierta profundidad)



Figura 12. Extracción de agua de drenaje del equipo de lisimetría mediante una bomba de succión sumergible POW67900. Fuente: Poweplus

## **Dimensionado del sistema de pesaje**

*En este capítulo se definirá que es una célula de carga y se establecerán los criterios de selección para realizar el dimensionado de los diversos sistemas.*

### 3.1. Células de carga

Este es el tipo más común de transductor de fuerza, y un claro ejemplo de un elemento elástico. Cada célula esta basada en un elemento elástico, a los cuales se les adhiere varias galgas de resistencia eléctrica. La forma geométrica y el modulo de elasticidad del elemento determinan la magnitud del campo de deformación producido por la acción de la fuerza. Cada extensiómetro, responde a la deformación local y su posición, y la medida de la fuerza es determinada por la integración de estos valores individuales.

#### 3.1.1 Funcionamiento

Las células de carga extensométricas convierten la carga que actúa sobre ellas en señales eléctricas. Los propios medidores están unidos a una viga o elemento estructural que se deforma cuando se le aplica un peso. En la mayoría de los casos, se utilizan cuatro medidores de deformación para obtener la máxima sensibilidad y compensación de temperatura. Dos de los medidores están por lo general en tensión, y dos en compresión, y se conectan con ajustes de compensación. Cuando se aplica un peso, la tensión cambia la resistencia eléctrica de los medidores en proporción a la carga.

#### 3.1.2 Esquema eléctrico

En este apartado se ilustra el esquema eléctrico de una célula de carga. Se puede apreciar a primera vista que el circuito es básicamente un puente de wheatstone, donde las resistencias del mismo son las galgas extensiométricas.

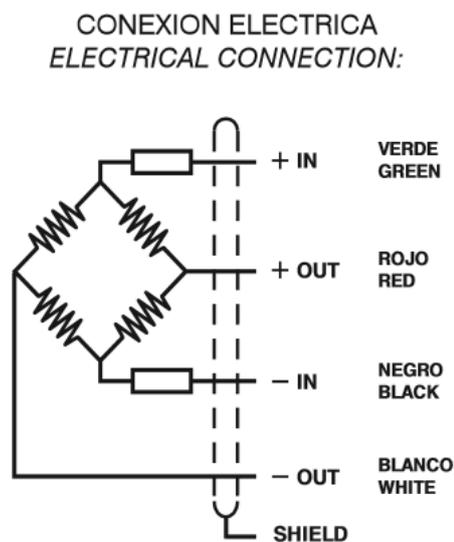


Figura 13. Conexión eléctrica célula de carga.

**Tipos:**

- Células Monoplato: También llamadas monocélula. El sistema interno de trabajo de las bandas extensométricas es a flexión. Se suelen utilizar en balanzas y pequeñas plataformas con platos de dimensiones inferiores a los 800 x 800 mm. La capacidad de estas células oscila entre los 4 kg y los 1000 kg. Se monta una sola célula por báscula o balanza, normalmente en el centro de la misma.



Figura 14. Célula monoplato.

- Células de flexión o cortadura simple: Se montan normalmente en básculas de 2 o más células de carga. El funcionamiento interno es a flexión. Este tipo de célula soporta capacidades más grandes que la anterior, hasta los 5000 kg. Las células se conectan entre ellas mediante una caja de suma, de la que sale un solo cable al indicador de pesada. Estas células, con los correspondientes módulos de pesaje antivuelco también se montan en silos, tolvas, depósitos, etc.



Figura 15. Célula de flexión.

- Células de Tracción - Compresión: Este tipo de células, también llamadas S, funcionan tanto a tracción como a compresión. Internamente acostumbran a funcionar a cortadura y se pueden encontrar con capacidades desde los 30 kg hasta los 10000 kg. Se suelen utilizar normalmente en montajes en cilindros, ganchos, tirantes, etc.



Figura 16. Célula de tracción – compresión.

- Células de compresión de alta capacidad: A partir de 10000 kg las células idóneas para trabajar en compresión son las de compresión de alta capacidad, que pueden alcanzar hasta los 60000 kg. Internamente no funciona con bandas extensométricas de cortadura, sino con unas especiales de compresión. A este tipo de células de carga también se las llama de columna, por su forma interna.



Figura 17. Célula de compresión de alta capacidad.

El lisímetro de pesada LisiTN AC-E1 ha sido diseñado para guarecer las células de carga, de manera que quedan ubicadas debajo del recipiente de cultivo (fuera del alcance de los agentes externos de degradación como pudiera ser la lluvia o el Sol). Para poder tener estabilidad haciendo una medida desde abajo se decidió utilizar cuatro puntos de apoyo. Con este diseño las células de carga de tipo monoplato y tipo tracción-compresión no serían aptas, y de entre los dos tipos restantes se optó por las células de carga de flexión debido a que son más económicas que las de compresión de alta capacidad. Para poder trabajar debidamente con la célula de carga dentro del lisímetro se determinó que era necesario añadir un apoyo sobre cada célula para asentar el recipiente de cultivo.

Con estas premisas y decidiendo utilizar la tecnología que ofrece el fabricante UTILCELL (debido en parte a su fiabilidad y garantía), se escogió utilizar un modelo de célula de carga de tipo flexión que dispusiese de apoyo. La célula de carga escogida fue el modelo 300 con su accesorio de apoyo silent block (figura 18).



Figura 18. Célula de carga modelo 300 con accesorio de apoyo silent block.

### **3.2. Dimensionado del sistema de pesaje del recipiente de cultivo**

Como ya se ha tratado con anterioridad el recipiente de cultivo tiene un volumen de  $180000 \text{ cm}^3$ . Teniendo en cuenta la densidad de la tierra ( $2,65 \text{ g/cm}^3$  de media,  $477 \text{ Kg}$ ), el agua que pueda absorber y el peso que pueda alcanzar el cultivo se ha estimado que el recipiente no debería superar los  $600 \text{ Kg}$ . Como se utilizarán cuatro células de carga cada una debería tener una carga nominal no inferior a  $150 \text{ Kg}$ . Como se ha comentado en el apartado anterior se utilizarán las células de carga de UTILCELL modelo 300.

Como se precisa una precisión de  $\pm 20g$ , se han escogido cuatro células con capacidad nominal de 150Kg que disponen de una precisión de  $\pm 15g$  como se puede observar en la tabla 1.

Modelo Model	Carga nominal Nominal capacity Ln	Clase de precisión Accuracy class n. OIML	División mínima Minimum division vmin	Carga de servicio Service load 150 % Ln	Carga límite Safe load 200 % Ln
300 5 kg	5 kg	3000	0.5 g	7.5 kg	10 kg
300 10 kg	10 kg	3000	1 g	15 kg	20 kg
300 20 kg	20 kg	3000	2 g	30 kg	40 kg
300 30 kg	30 kg	3000	3 g	45 kg	60 kg
300 50 kg	50 kg	3000 / 6000	5 / 2.8 g	75 kg	100 kg
300 75 kg	75 kg	3000 / 6000	7.5 / 4.2 g	112 kg	150 kg
300 100 kg	100 kg	3000 / 6000	10 / 5.6 g	150 kg	200 kg
300 150 kg	150 kg	3000 / 6000	15 / 8.4 g	225 kg	300 kg
300 200 kg	200 kg	3000 / 6000	20 / 11.2 g	300 kg	400 kg
300 250 kg	250 kg	3000 / 6000	25 / 13.9 g	375 kg	500 kg
300 300 kg	300 kg	3000	30 g	450 kg	600 kg
300 500 kg	500 kg	3000	50 g	750 kg	1000 kg

Tabla 1. Célula de carga UTILCELL modelo 300.

### 3.3. Dimensionado del sistema de pesaje del depósito de drenaje

Al igual que en el apartado anterior, las dimensiones del sistema de pesaje (en este caso el depósito de drenaje) ya han sido expuestas en el capítulo 2. El depósito tiene peso neto de 3285g según sus medidas una capacidad de 4,3L con lo que el peso total máximo esperado es de unos 7600g. Se pretende medir su peso con una precisión de  $\pm 1g$ . Utilizando la tabla 1 se ha decidido utilizar una célula de carga UTILCELL modelo 300 con capacidad nominal de 10Kg y precisión de  $\pm 1g$ .

### 3.4. Verificación de las células de carga

Para comprobar el buen estado y correcto funcionamiento de las células de carga UTILCELL dispone de una nota técnica. En esta se describen unos procedimientos básicos a realizar con un multímetro y una pesa conocida. Para la realización del proyecto se ha llevado a cabo esta comprobación para cada una de las células utilizadas. A continuación se expone la nota técnica y los resultados.

## VERIFICACIÓN DE UNA CÉLULA DE CARGA

A continuación se detallan algunas medidas simples, que le ayudarán a revisar una célula de carga en una instalación, utilizando un multímetro digital de buena calidad, de por lo menos 4 ½ dígitos, y una masa de prueba.

### Inspección visual

El primer paso consiste en una inspección visual para determinar si hay algún cambio respecto a una célula nueva, lo cual puede ser directamente el origen del problema. Especialmente, los siguientes puntos:

- No debe existir suciedad acumulada o corrosión.
- Sellado del circuito eléctrico: debe aislar la célula del medio externo, evitando que el agua, la humedad, u otros contaminantes penetren en los circuitos.
- Las siliconas deben permanecer intactas, sin cortes ni levantamientos y las chapas metálicas y soldaduras sin roturas ni perforaciones.
- Cable: Debe mantener su longitud inicial, sin defectos como cortes o torceduras.
- Entrada de cable a célula: No debe haber sido manipulado.

### Test de verificación

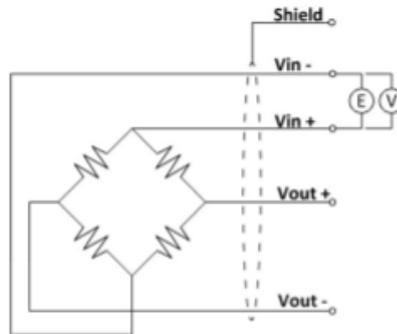


**TEST 1. Balance de cero**

La finalidad es verificar que las señales que entrega la célula son coherentes. Para ello se conectan los hilos de alimentación de la célula  $V_{IN+}$  (verde) y  $V_{IN-}$  (negro) a la fuente de alimentación del indicador electrónico utilizado en la báscula, y se dejan al aire los hilos de señal  $V_{OUT+}$  (rojo) y  $V_{OUT-}$  (blanco).

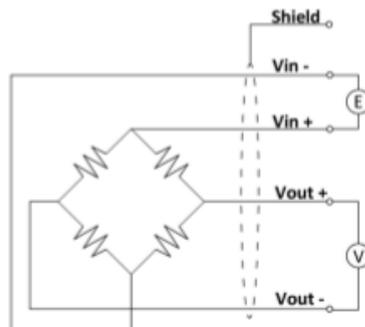
**Tensión de alimentación (V)**

Se comprueba que efectivamente llega tensión de alimentación a la célula, midiendo con el multímetro (Volts DC) directamente entre los hilos de alimentación  $V_{IN+}$  (verde) y  $V_{IN-}$  (negro).



**Señal de salida sin carga (mV)**

La célula debe quitarse de la báscula y colocarse en su orientación de trabajo sin peso (cero kilos) y se mide la señal de salida en milivoltios entre los hilos de señal de salida  $V_{OUT+}$  (rojo) y  $V_{OUT-}$  (blanco). La señal de salida medida debe ser estable y debería tener un valor inferior a la tolerancia de fábrica:  $\pm 2\%$  de  $2\text{mV/V} = \pm 0,04 \text{ mV/V}$ , si se alimenta a 10V son  $\pm 0,4 \text{ mV}$ . Debido a que las células pueden trabajar correctamente con desplazamientos de cero del 10% del fondo de escala, el límite para poder recalibrar el cero estaría en  $\pm 0,2 \text{ mV/V}$ , que si alimenta a 10 V son  $\pm 2 \text{ mV}$  sin carga.



#### Señal de salida con carga (mV)

Se coloca la célula en su orientación de trabajo y se le aplica una carga, al mismo tiempo que se mide la señal en milivoltios entre los hilos de señal de salida  $V_{OUT+}$  (rojo) y  $V_{OUT-}$  (blanco). Se realizan las siguientes verificaciones:

- **La señal crece en el sentido positivo prefijado.** Basta con un simple apretón en el sentido de trabajo para ver que la señal se mueve y crece en el sentido adecuado (de menor a mayor).
- **La señal es estable.** Debe colocarse o colgarse una carga estática sin vibraciones y observar que su estabilidad es mejor que  $\pm 0,002$  mV/V ( $\pm 2$  microV/V).

#### Análisis:

- Si la tensión de alimentación no es constante y suficiente para alimentar a la célula, se debe comprobar si hay una irregularidad en la fuente de alimentación o en las conexiones entre la célula de carga y la fuente de alimentación.
- Los cambios en el balance de cero ocurren cuando la célula tiene una deformación física permanente, probablemente causada por sobrecarga mecánica, golpe o fatiga del metal.
- Las células que experimenten un cambio progresivo del cero durante un período de tiempo pueden estar afectadas por humedad, en este caso, producirán también cambios en el aislamiento y la integridad del puente.
- En el caso que la señal de salida no crezca en el sentido prefijado, se debe comprobar la conexión del cableado de la célula.



Nota Técnica

www.utilcell.es

**TEST 2. Integridad del puente**

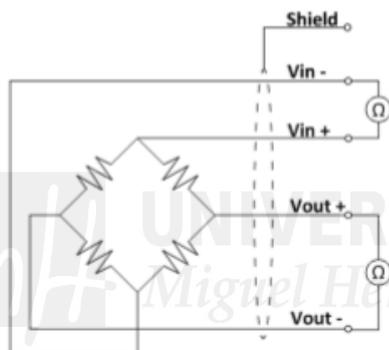
La finalidad es verificar que el circuito eléctrico mantiene sus valores originales. Cuando se avería algún componente normalmente el circuito cambia de valor, y por tanto su resistencia eléctrica también varía. Se tomarán medidas de resistencia con los hilos de la célula al aire, sin estar conectados al indicador.

**Resistencia de entrada**

Medir la resistencia en Ohmios entre los hilos de alimentación  $V_{IN+}$  (verde) y  $V_{IN-}$  (negro). El valor obtenido debe estar dentro de las tolerancias especificadas para cada modelo de célula utilizado. Hay dos tipos estándar:  $400 \pm 30 \Omega$  o bien  $800 \pm 30 \Omega$ .

**Resistencia de salida**

Medir la resistencia en Ohmios entre los hilos de señal de salida  $V_{OUT+}$  (rojo) y  $V_{OUT-}$  (blanco). El valor obtenido debe estar dentro de las tolerancias especificadas para cada modelo de célula utilizado. Hay dos tipos estándar:  $350 \pm 5 \Omega$  o bien  $700 \pm 5 \Omega$ .



**Análisis:**

Un cambio en la resistencia del puente puede ser debido a la rotura de un cable, fallo de un componente electrónico o corto-circuito. Esto puede ser causado por una sobretensión (descarga eléctrica por rayo o soldadura), golpe físico, vibración o exceso de temperatura.

**TEST 3. Resistencia aislamiento**

La finalidad es verificar que el circuito eléctrico mantiene sus valores originales sin fugas. Se tomarán medidas de aislamiento con los hilos de la célula al aire, sin estar conectados al indicador.

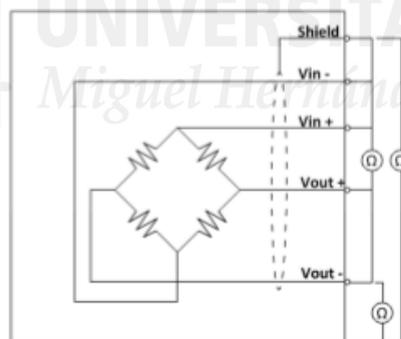
Se realizan tres medidas:

- a) **Aislamiento Circuito a Chasis:** Resistencia entre el circuito (cualquiera de los hilos de colores) y el chasis.
- b) **Aislamiento Circuito a Malla:** Resistencia entre el circuito (cualquiera de los hilos de colores) y la malla.
- c) **Aislamiento Chasis a Malla:** Resistencia entre el chasis y la malla. La mayoría de células, por defecto, no tienen la malla conectada al chasis, aunque hay casos particulares que sí pueden estarlo.

Las lecturas deben estar en circuito abierto, SIN contacto, SIN derivas. Para aquellos que dispongan de mega óhmetro, la resistencia de aislamiento será mayor que 500 MΩ. En caso de no disponer de medidor de aislamiento, se puede usar un óhmetro en su máxima escala (rango 20 MΩ) para intentar detectar problemas de aislamiento.



Téngase cuidado de no utilizar un medidor de aislamientos que aplique voltajes superiores a 50 Volt ya que podrían dañar la célula.



**Análisis:**

El circuito de la célula debe estar aislado del chasis (metálico) y de la malla del cable. La malla debe estar aislada del chasis (exceptuando casos concretos). Una de las causas principales de fallo de aislamiento es la entrada de humedad en los circuitos o las roturas de cables o soldaduras internas que pueden provocar lecturas inestables de la célula de carga.

Un valor de resistencia muy bajo (< 1 kΩ) puede indicar cortocircuito.



Nota Técnica

www.utilcell.es

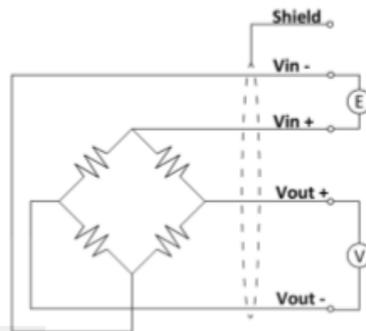
**TEST 4. Resistencia a pequeños impactos**

Conecte la célula a una fuente de alimentación, preferiblemente al indicador de pesaje. Desconecte el resto de células en caso de que sea un sistema multi-célula.

Conecte el voltímetro de lectura en los cables de señal de salida de la célula  $V_{OUT+}$  (rojo) y  $V_{OUT-}$  (blanco) y aplique ligeros golpes a la célula de carga, con un pequeño objeto sólido como por ejemplo el mango de un destornillador.



Tenga cuidado de no sobrecargar ni dañar la célula (especialmente si es de baja capacidad nominal).



**Análisis:**

Observe las lecturas del voltímetro durante el ensayo. Después de los impactos las lecturas no deben ser erráticas, deberían mantenerse razonablemente estables y volver al valor original o valor de cero. Lecturas erráticas pueden indicar un fallo en la conexión eléctrica de un componente interno de la célula o daños en la capa de cola entre la galga y el cuerpo de la célula de carga producidos por sobrecargas eléctricas.

**Nota 1:** Debido a la simplificación de los medios utilizados, la finalidad de los métodos descritos es facilitar la detección de averías, pero no son determinantes para la evaluación del correcto funcionamiento de una célula de carga, por lo que sólo deben servir como filtro previo para una revisión posterior, con mayor profundidad, medios adecuados y realizada por técnicos especializados.

**Nota 2:** En caso necesario, a su soporte técnico le será de gran ayuda que se hayan anotado en una tabla todas las medidas, lecturas y observaciones, según las explicaciones anteriores, junto con el modelo de célula su capacidad nominal y número de serie.



UTILCELL  
CELULAS DE CARGA - LOAD CELLS

Nota Técnica www.utilcell.es

**FORMULARIO DE VERIFICACIÓN DE UNA CÉLULA DE CARGA**

**Datos de la Célula de Carga:** Modelo: 300  
 Capacidad nominal: 150 kg, t  
 Número de Serie: 1455243(16)i

**Descripción de la instalación, tipo de báscula y tipo de ambiente:**  
 Célula de carga de flexión 1  
 Sensibilidad: 2,006mV/V

**Descripción del fallo observado:**

---

**Inspección Visual:**

Etiqueta:	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Ilegible	<input type="checkbox"/> Extraviada	
	<input checked="" type="checkbox"/> Como Nueva	<input type="checkbox"/> Usada		
	<input checked="" type="checkbox"/> Limpia	<input type="checkbox"/> Sucia	<input type="checkbox"/> Oxidada	
Daños Mecánicos:	<input type="checkbox"/> Abolladuras	<input type="checkbox"/> Golpes	<input type="checkbox"/> Deformada	<input type="checkbox"/> Soldadura Rota
Cable:	Longitud: <u>3</u> m	<input checked="" type="checkbox"/> Bien	<input type="checkbox"/> Cortes	<input type="checkbox"/> Aplastamientos

Comentarios:

**Inspección Eléctrica:**

Tensión de Alimentación:	4,98	Voltios (V)	
Señal de cero:	0,0	Milivoltios (mV)	<input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable
Resistencia de Entrada:	399	Ohmios ( $\Omega$ )	
Resistencia de Salida:	352	Ohmios ( $\Omega$ )	
Aislamiento:			
Circuito – Cuerpo Célula	OK	M $\Omega$	
Circuito – Malla	OK	M $\Omega$	
Malla – Cuerpo Célula	OK	M $\Omega$	
Resistencia a pequeños impactos:	<input checked="" type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> Inestable	

**Conclusiones:**  Bien  Mal (No determinante con la información disponible)

**Causas Probables de fallo:**

Sobrecarga Mecánica  Sobrecarga Eléctrica  Ingreso de Humedad  
 Componente o cable interno roto  Cable externo roto o deteriorado  
 Otras: \_\_\_\_\_

**Datos de Contacto Cliente:** Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Persona de contacto: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_  
 A la atención de: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_

---

7-03-2014 Verificación de una Célula de Carga 7/7

Figura 19. Verificación célula de carga 1.



UTILCELL  
CÉLULAS DE CARGA - LOAD CELLS

Nota Técnica www.utilcell.es

**FORMULARIO DE VERIFICACIÓN DE UNA CÉLULA DE CARGA**

**Datos de la Célula de Carga:** Modelo: 300  
 Capacidad nominal: 150 kg, t  
 Número de Serie: 1455231(16)i

**Descripción de la instalación, tipo de báscula y tipo de ambiente:**  
 Célula de carga de flexión 2  
 Sensibilidad: 2,0014mV/V

**Descripción del fallo observado:**

---

**Inspección Visual:**

Etiqueta:	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Ilegible	<input type="checkbox"/> Extraviada	
	<input checked="" type="checkbox"/> Como Nueva	<input type="checkbox"/> Usada		
	<input type="checkbox"/> Limpia	<input checked="" type="checkbox"/> Sucia	<input type="checkbox"/> Oxidada	
<b>Daños Mecánicos:</b>	<input type="checkbox"/> Abolladuras	<input type="checkbox"/> Golpes	<input type="checkbox"/> Deformada	<input type="checkbox"/> Soldadura Rota
Cable:	Longitud: <u>3</u> m	<input checked="" type="checkbox"/> Bien	<input type="checkbox"/> Cortes	<input type="checkbox"/> Aplastamientos

Comentarios:

**Inspección Eléctrica:**

Tensión de Alimentación:	4,98	Voltios (V)	
Señal de cero:	0,0	Milivoltios (mV)	<input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable
Resistencia de Entrada:	398	Ohmios (Ω)	
Resistencia de Salida:	352	Ohmios (Ω)	
Aislamiento:			
Círculo - Cuerpo Célula	OK	MΩ	
Círculo - Malla	OK	MΩ	
Malla - Cuerpo Célula	OK	MΩ	
Resistencia a pequeños impactos:	<input checked="" type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> Inestable	

**Conclusiones:**  Bien  Mal (No determinante con la información disponible)

**Causas Probables de fallo:**

Sobrecarga Mecánica  Sobrecarga Eléctrica  Ingreso de Humedad

Componente o cable interno roto  Cable externo roto o deteriorado

Otras: \_\_\_\_\_

**Datos de Contacto Cliente:** Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Persona de contacto: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_

A la atención de: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_

---

7-03-2014 Verificación de una Célula de Carga 7/7

Figura 20. Verificación célula de carga 2.



UTILCELL  
CELULAS DE CARGA - LOAD CELLS

Nota Técnica www.utilcell.es

**FORMULARIO DE VERIFICACIÓN DE UNA CÉLULA DE CARGA**

**Datos de la Célula de Carga:** Modelo: 300  
 Capacidad nominal: 150 kg, t  
 Número de Serie: 1460205(16)i

**Descripción de la instalación, tipo de báscula y tipo de ambiente:**  
 Célula de carga de flexión 3  
 Sensibilidad: 1,9982mV/V

**Descripción del fallo observado:**

---

**Inspección Visual:**

Etiqueta:	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Ilegible	<input type="checkbox"/> Extraviada	
	<input checked="" type="checkbox"/> Como Nueva	<input type="checkbox"/> Usada		
	<input checked="" type="checkbox"/> Limpia	<input type="checkbox"/> Sucia	<input type="checkbox"/> Oxidada	
Daños Mecánicos:	<input type="checkbox"/> Abolladuras	<input type="checkbox"/> Golpes	<input type="checkbox"/> Deformada	<input type="checkbox"/> Soldadura Rota
Cable:	Longitud: <u>3</u> m	<input checked="" type="checkbox"/> Bien	<input type="checkbox"/> Cortes	<input type="checkbox"/> Aplastamientos

Comentarios:

**Inspección Eléctrica:**

Tensión de Alimentación:	4,98	Voltios (V)	
Señal de cero:	0,0	Milivoltios (mV)	<input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable
Resistencia de Entrada:	399	Ohmios ( $\Omega$ )	
Resistencia de Salida:	352	Ohmios ( $\Omega$ )	
Aislamiento:			
Circuito – Cuerpo Célula	OK	M $\Omega$	
Circuito – Malla	OK	M $\Omega$	
Malla – Cuerpo Célula	OK	M $\Omega$	
Resistencia a pequeños impactos:	<input checked="" type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> Inestable	

**Conclusiones:**  Bien  Mal (No determinante con la información disponible)

**Causas Probables de fallo:**

Sobrecarga Mecánica  Sobrecarga Eléctrica  Ingreso de Humedad  
 Componente o cable interno roto  Cable externo roto o deteriorado  
 Otras: \_\_\_\_\_

**Datos de Contacto Cliente:** Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Persona de contacto: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_  
 A la atención de: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_

---

7-03-2014 Verificación de una Célula de Carga 7/7

Figura 21. Verificación célula de carga 3.



UTILCELL  
CÉLULAS DE CARGA - LOAD CELLS

Nota Técnica www.utilcell.es

**FORMULARIO DE VERIFICACIÓN DE UNA CÉLULA DE CARGA**

**Datos de la Célula de Carga:** Modelo: 300  
 Capacidad nominal: 150 kg, t  
 Número de Serie: 1455240(16)i

**Descripción de la instalación, tipo de báscula y tipo de ambiente:**  
 Célula de carga de flexión 4  
 Sensibilidad: 2,0010mV/V

**Descripción del fallo observado:**  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Inspección Visual:**

Etiqueta:	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Ilegible	<input type="checkbox"/> Extraviada	
	<input checked="" type="checkbox"/> Como Nueva	<input type="checkbox"/> Usada		
	<input checked="" type="checkbox"/> Limpia	<input type="checkbox"/> Sucia	<input type="checkbox"/> Oxidada	
Daños Mecánicos:	<input type="checkbox"/> Abolladuras	<input type="checkbox"/> Golpes	<input type="checkbox"/> Deformada	<input type="checkbox"/> Soldadura Rota
Cable:	Longitud: <u>3m</u> m	<input checked="" type="checkbox"/> Bien	<input type="checkbox"/> Cortes	<input type="checkbox"/> Aplastamientos

Comentarios:  
 \_\_\_\_\_

**Inspección Eléctrica:**

Tensión de Alimentación:	4,98	Voltios (V)	
Señal de cero:	0,0	Milivoltios (mV)	<input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable
Resistencia de Entrada:	398	Ohmios (Ω)	
Resistencia de Salida:	352	Ohmios (Ω)	
Aislamiento:			
Círculo - Cuerpo Célula	OK	MΩ	
Círculo - Malla	OK	MΩ	
Malla - Cuerpo Célula	OK	MΩ	
Resistencia a pequeños impactos:	<input checked="" type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> Inestable	

**Conclusiones:**  Bien  Mal (No determinante con la información disponible)

**Causas Probables de fallo:**

Sobrecarga Mecánica  Sobrecarga Eléctrica  Ingreso de Humedad  
 Componente o cable interno roto  Cable externo roto o deteriorado  
 Otras: \_\_\_\_\_

**Datos de Contacto Cliente:** Fecha:    /   /   

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Persona de contacto: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_  
 A la atención de: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_

---

7-03-2014 Verificación de una Célula de Carga 7/7

Figura 22. Verificación célula de carga 4.

Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS



CELULAS DE CARGA - LOAD CELLS

Nota Técnica www.utilcell.es

**FORMULARIO DE VERIFICACIÓN DE UNA CÉLULA DE CARGA**

**Datos de la Célula de Carga:** Modelo: 300  
 Capacidad nominal: 10 kg, t  
 Número de Serie: 1469420(16)i

**Descripción de la instalación, tipo de báscula y tipo de ambiente:**  
 Célula de carga de flexión 5  
 Sensibilidad: 2,0002mV/V

**Descripción del fallo observado:**

---

**Inspección Visual:**

Etiqueta:	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Ilegible	<input type="checkbox"/> Extraviada	
	<input checked="" type="checkbox"/> Como Nueva	<input type="checkbox"/> Usada		
	<input type="checkbox"/> Limpia	<input checked="" type="checkbox"/> Sucia	<input type="checkbox"/> Oxidada	
Daños Mecánicos:	<input type="checkbox"/> Abolladuras	<input type="checkbox"/> Golpes	<input type="checkbox"/> Deformada	<input type="checkbox"/> Soldadura Rota
Cable:	Longitud: <u>3</u> m	<input checked="" type="checkbox"/> Bien	<input type="checkbox"/> Cortes	<input type="checkbox"/> Aplastamientos

Comentarios:

**Inspección Eléctrica:**

Tensión de Alimentación:	5,02	Voltios (V)	
Señal de cero:	0,0	Milivoltios (mV)	<input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable
Resistencia de Entrada:	399	Ohmios ( $\Omega$ )	
Resistencia de Salida:	353	Ohmios ( $\Omega$ )	
Aislamiento:			
Circuito – Cuerpo Célula	OK	M $\Omega$	
Circuito – Malla	OK	M $\Omega$	
Malla – Cuerpo Célula	OK	M $\Omega$	
Resistencia a pequeños impactos:	<input checked="" type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> Inestable	

**Conclusiones:**  Bien  Mal (No determinante con la información disponible)

**Causas Probables de fallo:**

Sobrecarga Mecánica  Sobrecarga Eléctrica  Ingreso de Humedad  
 Componente o cable interno roto  Cable externo roto o deteriorado  
 Otras: \_\_\_\_\_

**Datos de Contacto Cliente:** Fecha:    /   /   

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Persona de contacto: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_  
 A la atención de: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_; Fax: \_\_\_\_\_; Email: \_\_\_\_\_

---

7-03-2014 Verificación de una Célula de Carga 7/7

Figura 23. Verificación célula de carga 5.

# **Instrumentación electrónica de pesaje**

*En el capítulo cuatro se expone el desarrollo de la instrumentación electrónica utilizada en los sistemas de pesaje.*

## 4.1. Sumadores electrónicos

Las cajas sumadoras se emplean para sumar o unificar fuerzas, cuando se cuenta con diferentes puntos de medida dispersos. Esta configuración permite aumentar el peso o fuerza máximo a medir, ya que las cargas de cada sensor se van sumando. Debido a que el sistema de pesaje del recipiente de cultivo utiliza cuatro células de carga distribuidas es necesario realizar la suma utilizando un sumador electrónico.

Dentro de la oferta de sumadores electrónicos que ofrece UTILCELL se ha escogido el más económico de cuatro células (ref 89053), ya que este modelo cumple con los requisitos mínimos de protección y sensibilidad requeridos. El funcionamiento es sencillo, la sensibilidad de cada célula es ligeramente diferente, por lo que la caja de sumas dispone de un ajuste fino por potenciómetro, que compensa los desajustes de sensibilidad entre las diversas células. Cada célula de carga individual se conecta en su correspondiente conexión de 4 hilos + G y el resultado de la suma se conecta a través de un cable de 6 hilos + G con el indicador de pesada.



Figura 24. Sumador electrónico de 4 células.

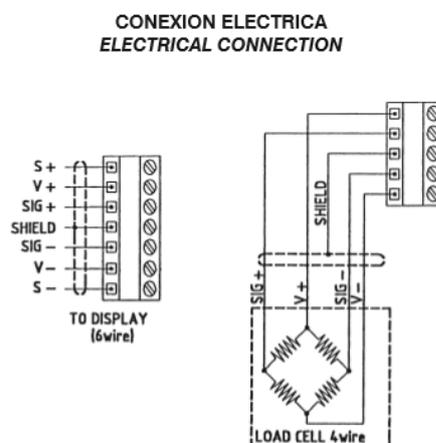


Figura 25. Conexión eléctrica del sumador.

## 4.2. Indicadores de pesada

Las básculas de control y los sistemas de pesaje contribuyen decisivamente a la calidad del producto final, pues sólo de esta manera es posible garantizar la medida exacta, con la calibración necesaria, dentro de cualquier proceso.

Todas las basculas electronicas y electromecánicas, en este caso células de carga de flexión, tienen un indicador digital para mostrar el valor del peso, denominados indicadores de pesada. Además de indicar la medida obtenida a través de los transductores los indicadores de pesada son capaces de realizar diversas acciones programando su software.

Para la correcta compatibilidad entre los elementos electrónicos se dispuso a utilizar el indicador de pesada SWIFT de UTILCELL, mismo fabricante que las células de carga y el modelo más económico que se ceñía a las necesidades requeridas.

El SWIFT es un Indicador de Pesaje y Transmisor de alta velocidad ideal para aplicaciones de pesaje estático y dinámico. Sus versiones para montaje en carril DIN o en Panel lo hacen especialmente indicado para las aplicaciones de pesaje en procesos industriales y maquinaria. Las diversas posibilidades de transmisión de datos, sus entradas y salidas digitales, permiten la fácil conexión a PLC, PC y sistemas remotos, en los principales estándares de comunicación industrial.



Figura 26. Indicador de pesaje SWIFT.

### 4.3. Sistema de medida del recipiente de cultivo

Para este sistema, tal y como se ha comentado anteriormente, es necesaria la utilización de un sumador electrónico que junte las señales de las cuatro células de carga y poder así conectar la suma al correspondiente indicador de pesada. El modelo escogido para el sumador ha sido el 89053, caja en plástico hermética para cuatro células en conexión de 4 hilos sin descargadores para sobretensiones. Al escoger esta opción de sumador no es necesario realizar la conversión de 4 a 6 hilos ya que es implementada por el mismo.

Para la visualización y calibrado de las células de carga se ha obtenido por el modelo SWIFT Rail RS 89451 ya que estará instalado en un cuadro eléctrico sobre carril din. Hay una variante de este modelo que es el Rail RS + ANALOG con las mismas prestaciones que el anterior con el añadido de contar con una salida analógica que en este caso no es necesaria.

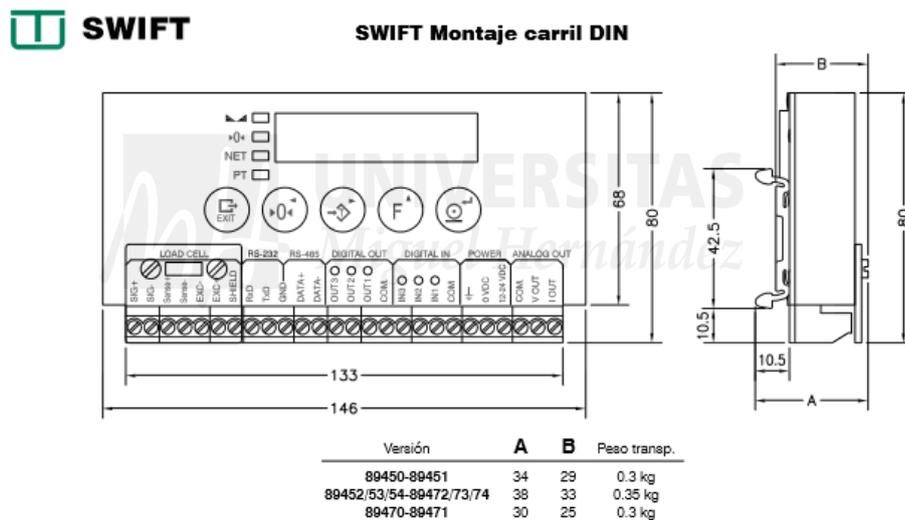


Figura 27. Dimensiones SWIFT.

Para ver mejor la diferencia entre las tipologías de 4 hilos y 6 hilos, y entender así el conexionado de la salida del sumador con el SWIFT, se puede observar la imagen XX.

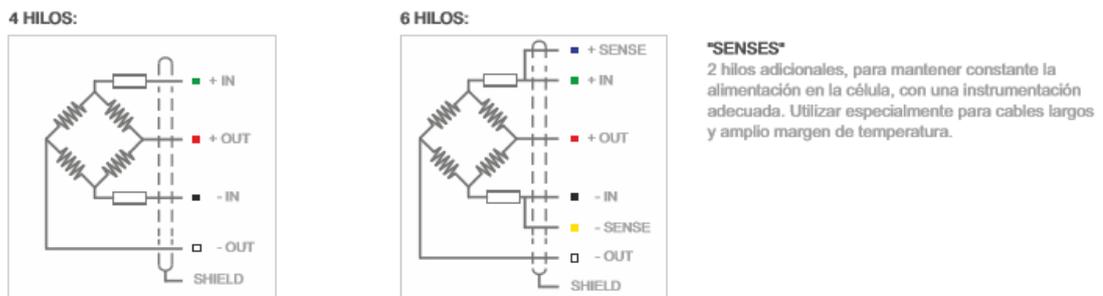


Figura 28. Conexiones 4 hilos y 6 hilos.

Una vez escogido el indicador de pesada para el sistema el siguiente paso es el de configurarlo debidamente, para ello el fabricante facilita su manual. Se establece primero de todo la escala, que para este sistema será de 600.000g de capacidad máxima, 20g de resolución, sin punto decimal, unidad en gramos y el resto de valores por defecto. Una vez establecida la escala el siguiente paso es de calibrar el conjunto transductor-indicador, que al tratarse de cuatro células unidas por un sumador primero hay que realizar un ajuste fino con los potenciómetros del mismo (procedimiento explicado a través de manuales del fabricante). Una vez la señal de todas las células son equivalentes se procede a realizar la calibración a través del SWIFT, para ello se dejan las células en reposo (en ausencia de peso), se establece el cero en el indicador de pesada y a continuación con un peso conocido se programa la pendiente de calibración. Una vez realizada la calibración se comprueba, a través del peso conocido que independientemente de donde se coloque dicho peso (dentro del recipiente de cultivo), que el indicador debe marcar el mismo valor. Si no fuese así se procedería a repetir todos los pasos realizados hasta que el sistema quede perfectamente calibrado. Por último es necesario configurar el método de comunicación a utilizar, que se explicará en el apartado 5.6.

## 4.4. Sistema de medida del depósito de drenaje

Este sistema a diferencia del anterior solo usa una célula de carga y no será necesario utilizar un sumador, pero se ha tenido que fabricar un convertidor de 4 a 6 hilos para la conexión con el indicador de pesada (figura XX). En este sistema se ha optado también por la utilización del modelo SWIFT Rail RS 89451, de modo que la conexión con el convertidor se realiza igual que en el sistema anterior. Se definió 10.000g de capacidad máxima, 10g de resolución, sin punto decimal, unidad en gramos y al igual que antes el resto de parámetros se dejan en sus valores predeterminados. Al tratarse de solo una célula de carga la calibración resulta más sencilla, se establece el cero en el indicador de pesada estando la célula en reposo y luego se ajusta la recta de calibración mediante un peso conocido. Posteriormente se prueban varios pesos conocidos y se confirma que la pendiente esta bien ajustada, de lo contrario habría que repetir el proceso.

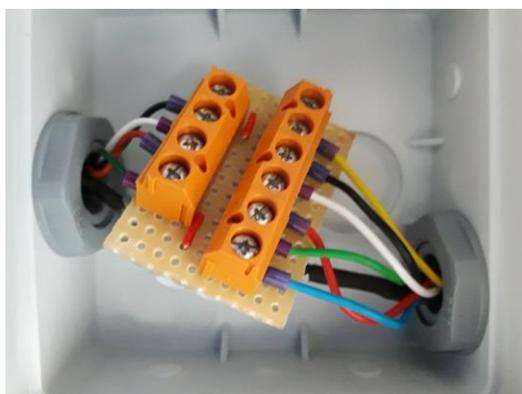


Figura 29. Conversor de 4 a 6 hilos.

## **Sistema de adquisición de datos**

*En el quinto capítulo se expone el desarrollo del sistema de adquisición de datos.*



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## 5.1. Equipos de adquisición de datos

Para hablar sobre los equipos de adquisición de datos primero es necesario explicar a que se le denomina adquisición de datos. La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con un PC o un PAC (Programmable Automation Controller) un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

De esta definición se puede entender que el equipo de adquisición de datos se trata del PC o PAC, es decir, el encargado de tomar todas las decisiones sobre las acciones a tomar. Se le puede considerar el "cerebro" del sistema y debe tomar decisiones basadas en ciertas pautas o valores requeridos. Los valores establecidos son introducidos en el sistema por el hombre.

En esta ocasión se ha optado por la utilización de un datalogger como equipo de adquisición de datos sobre otras opciones (pc, arduino...), en concreto el datalogger CR300 de CampbellScientific. Se escogio este fabricante debido a la alta fiabilidad y robustez de sus productos. Debido a que el sistema a gestionar es relativamente sencillo y no requiere de altas prestaciones ni de multiples puertos de comunicaciones se opto por el modelo antes mencionado, el CR300.

## 5.2. Datalogger CR300

Los datalogger de la serie CR300 son pequeños, de bajo coste y gran valor, con muchas de las prestaciones de otros dataloggers Campbell Scientific. Disponen de comunicaciones más rápidas, bajo consumo, puerto USB, y excelente precisión y resolución en las medidas analógicas. Este datalogger de nivel básico, pero potente en su conjunto de instrucciones, puede medir la mayoría de sensores utilizados en hidrología, meteorología, medio ambiente e industria. Concentra los datos, y los pone a disposición a través de variedad de redes y protocolos. El CR300 también realiza la toma de decisiones automática en el lugar o remotamente para control y comunicaciones M2M. El CR300 es ideal para pequeñas aplicaciones que requieran monitorización y control a largo plazo.



Figura 30. Datalogger CR300.

#### Características:

- Fácil configuración mediante software PC a través de USB
- Medir con fiabilidad sensores analógicos y digitales
- Capaz de medir directamente una señal 4-20 mA
- Preparado para Internet (GPRS/3G)
- Protecciones contra transitorios y ESD (Descarga electrostática)
- Procesador ARM Cortex M4, 144 MHz
- Conversor analógico digital de 24 bit
- Compatible con modems telefonía móvil o satélite
- Compatible con protocolos Modbus, PakBus, y DNP3
- Compatible con servicio email SMTPS (TLS-encrypted SMTP)
- Medida de smart sensors por RS-232 o SDI-12
- Programable en lenguaje CRBasic o asistente programación SCWin, totalmente compatible PakBus
- Análisis y control programables, múltiples I/O de propósito general
- Capaz de generar notificaciones y comunicaciones en función de eventos y salidas físicas

## 5.3. Comunicaciones industriales

Se conoce como transferencia de datos, transmisión digital o comunicaciones digitales a la transferencia física de datos a través de un canal de comunicación, ya sea punto a punto o punto multipunto. Los datos son representados como una señal de tensión eléctrica, electromagnética, como ondas radioeléctricas, microondas o infrarrojos.

El objetivo en la comunicación industrial, es transmitir la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible, es decir lograr una alta velocidad de transmisión. Debido a esto existe una alta la demanda de mejorar características sobre los medios de transmisión. Esto es particularmente cierto para las redes industriales de comunicación, en donde las condiciones distan mucho de ser ideales debido a las posibles interferencias producidas por la maquinaria y por la red eléctrica entre otros. Por esta razón dependiendo de la aplicación que se requiera realizar en cada momento existirá un medio de transmisión que se adapte mejor que otros.

Otro aspecto fundamental en la comunicación industrial es la interfaz física. A la hora de escoger una interfaz física se tiene en cuenta la fiabilidad de la transmisión y los costes, por lo tanto a pesar que la interfaz paralela ofrece altas velocidades de transmisión su instalación es muy costosa. Debido a esto la interfaz estándar para el campo industrial es la serie. Los bajos costos de la instalación, líneas más largas y transmisión más segura, compensan las menores velocidades de transmisión siempre y cuando se cumplan los tiempos de las aplicaciones críticas.

Las interfaces tipo serie que se pueden encontrar más frecuentemente en el campo industrial son RS-232, RS-422, RS-485 y USB. El indicador de pesada escogido dispone de una interfaz RS-232 y otra RS-485 y el equipo de adquisición de datos dispone de dos interfaces RS-232, una se utilizará para la comunicación con un módem y la otra para la comunicación con el indicador de pesada. En primera instancia parece claro que la interfaz a utilizar debería ser RS-232, pero debido a que la comunicación ha de ser de punto a multipunto esta interfaz es incompatible. La opción por la que se decantó fue utilizar la interfaz RS-485 de los indicadores de pesada junto a un conversor RS232 a RS485 conectado al equipo de adquisición de datos.

## 5.4. Conversores RS232 a RS485

A la hora de escoger un conversor adecuado para la tarea a realizar se tuvo en mente que fuese lo mas fiable y robusto posible. Con este razonamiento se optó por el conversor CRS-485 del fabricante Afeisa.



Figura 31. Conversor CRS-485.

Este conversor es optoaislado, dispone de un aislamiento de clase II (ha sido diseñado de tal forma que no requiere una toma a tierra de seguridad eléctrica) y un aislamiento de 3,75 KV respecto al puerto RS232, así como una velocidad de transmisión de hasta 115.200 baudios. Siendo unos equipos muy adecuados para la interconexión de hasta 32 equipos RS232 a una red RS485 o RS422 de hasta 1.300 metros.

La fuente de alimentación con separación galvánica es otra de sus grandes ventajas, por lo que hay disponibles diferentes modelos en función de la alimentación que en este caso se ha decidido por el modelo de 230V a.c. al disponer de esta alimentación en el cuadro eléctrico.

El montaje en carril DIN y la conexión mediante bornes en una regleta enchufable también han sido dos características a tener en cuenta a la hora de escoger el conversor dada la facilidad que representa a la hora del ensamblaje y conexionado del mismo en el cuadro eléctrico. Leds de indicación del estado de transmisión, fácil selección del modo de trabajo y la inclusión de las resistencias de inicio o final de la red son otras de las características que acentúan la robustez y versatilidad de este conversor.

## 5.5. Protocolo de comunicaciones: Modbus

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP), diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

Las principales razones por las cuales el uso de Modbus en el entorno industrial se ha impuesto a otros protocolos de comunicaciones son:

- Se diseñó teniendo en cuenta su uso para aplicaciones industriales
- Es público y gratuito
- Es fácil de implementar y requiere poco desarrollo
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión de adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única distinta de 0. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (a no ser que la dirección sea 0, en cuyo caso todos los dispositivos ejecutarían la trama). Los mensajes incluyen información redundante que asegura su recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de los mismos. Existe gran cantidad de modems que aceptan el protocolo Modbus y algunos están específicamente diseñados para funcionar con este protocolo.

Hay muchas variantes de protocolos Modbus, existen versiones del protocolo Modbus para el puerto serie, para Ethernet, y otros protocolos que soportan el conjunto de protocolos TCP/IP de Internet. En este caso tan sólo se utilizará una versión para el puerto serie por lo que sólo se expondrán las versiones de Modbus para el mismo:

- Modbus RTU. Es la implementación más común disponible para Modbus. Hace uso de una representación binaria compacta de los datos para el protocolo de comunicación. El formato RTU sigue a los comandos/datos con una suma de comprobación de redundancia cíclica (CRC) como un mecanismo de comprobación de errores para garantizar la fiabilidad de los datos. Un mensaje Modbus RTU debe transmitirse continuamente sin vacilaciones entre caracteres. Los mensajes Modbus son entramados (separados) por períodos inactivos (silenciosos).
- Modbus ASCII. Hace uso de caracteres ASCII para el protocolo de comunicación. El formato ASCII utiliza un checksum de control de redundancia longitudinal (LRC). Los mensajes Modbus ASCII están entramados por los dos puntos principales (":") y la nueva línea (CR/LF).

El modelo de datos en Modbus distingue entre entradas digitales (discrete input), salidas digitales (coils), registros de entrada (input register) y registros de retención (holding registers). Las entradas y salidas digitales ocupan, evidentemente, un bit; mientras que los registros, tanto de entrada como de retención, ocupan dos Bytes.

## 5.6. Comunicación CR300 con los indicadores de pesada

Como ya se ha indicado anteriormente la conexión entre el equipo de adquisición de datos y los indicadores de pesada se realizará a través de una comunicación industrial con interfaz RS-485. El protocolo a utilizar será Modbus RTU, para que los indicadores de pesada utilicen este protocolo correctamente se han de configurar. Al igual que en los apartados 4.2 y 4.3 se ha de acceder a las opciones del SWIFT y en el apartado RS-485 configurar "tipo" a RTU (Modbus RTU), "baud" a 9600 (baudrate a 9600), "parity" a none (sin bit de paridad), "protocol" a none (al seleccionar RTU se utilizará el protocolo Modbus), "add" a 1 en caso del recipiente de cultivo y a 2 en el caso del depósito de drenaje (dirección de cada indicador en el protocolo Modbus), "rter" a off (no se necesitan resistencias de final de bus), el resto de atributos no son relevantes al tipo RTU. El equipo de adquisición de datos no es necesario configurarlo, solo hay que utilizar los comandos explícitos de Modbus a la hora de programar su software para que trabaje en este protocolo.

En la figura XX se muestran las conexiones realizadas entre los módulos.

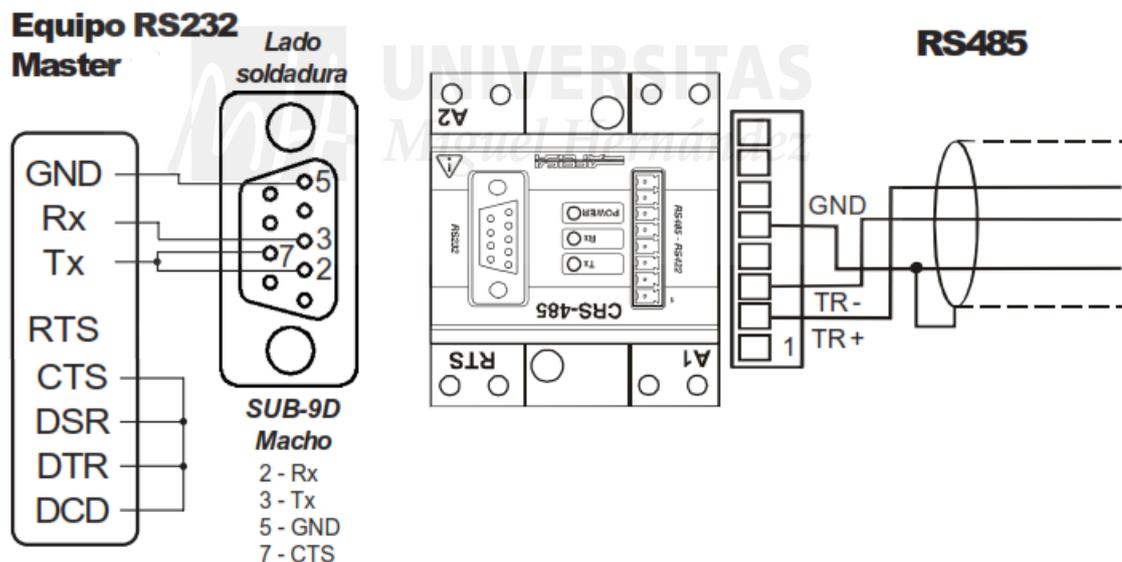


Figura 32. Conexiones CRS-485.

Como se comentó anteriormente el equipo de adquisición de datos se conecta al bus mediante un convertidor RS-232 a RS-485. Para ello se ha utilizado una conexión DB9 en la que el pin 5 (GND) se ha conectado a un terminal G del CR300 (ground), el pin 3 (Tx) se ha conectado al terminal C2 del CR300 (Rx) y los pines 2 (Rx) y 7 (CTS) se han conectado al terminal C1 del CR300 (Tx). Estos últimos pines se cortocircuitan para que el convertidor se autocontrole (automático), es decir, cuando le llega un dato desde el lado RS-232 pasa a modo transmisión, en caso contrario para al modo recepción.

Para la conexión del convertor al bus de campo se conecta el pin 2 a la trama de datos positiva, el pin 3 a la trama de datos negativa y el pin 5 a tierra. A la hora de conectar los indicadores de pesada al bus se realiza directamente, cada pin en su conexión. A continuación se muestran las conexiones reales y una tabla de conexionado:

	Valor	Pin	Color
Bus de campo	DATA +	2	Azul
	DATA -	3	Blanco
	GND	5	Amarillo
RS - 232 DB-9	Rx	2	Verde
	Tx	3	Naranja
	GND	5	Negro
	CTS	7	Blanco

Tabla 2. Conexiones CRS-485



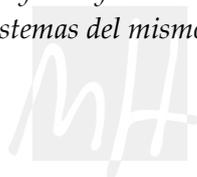
Figura 33. Bus MODBUS conectado al SWIFT.



Figura 34. Bus MODBUS conectado al CRS-485 y conexión puerto serie del CR300.

## Sistema de control

*A continuación se detallan los diferentes equipos de control utilizados en el proyecto y como se interrelacionan entre sí para formar parte de los diversos sistemas del mismo.*



UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

## 6.1. Equipos de control

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Dependiendo de como se aplique la regulación se pueden distinguir varios equipos de control diferentes. El control de los sistemas del lisímetro solo se realizará a través de salidas digitales. Existen dos equipos de control básicos de salidas digitales:

El relé, dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual normalmente se disipa una potencia mayor que en el circuito estimulador. Se caracterizan por su robustez, aislamiento entre circuito de control y de potencia, baja frecuencia de conmutación, bajo coste.

El transistor bipolar de puerta aislada (IGBT, Insulated Gate Bipolar Transistor) es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia. Este dispositivo posee las características de las señales de puerta de los transistores de efecto campo con la capacidad de alta corriente y bajo voltaje de saturación del transistor bipolar, combinando una puerta aislada FET para la entrada de control y un transistor bipolar como interruptor en un solo dispositivo. El circuito de excitación del IGBT es como el del MOSFET, mientras que las características de conducción son como las del BJT. Se caracterizan por sus altas velocidades de conmutación, pueden manejar tensiones y corrientes elevadas y no requiere de corriente de base para mantenerse en conducción, a diferencia de otros transistores.

Debido a que no se necesita una frecuencia elevada y a que el aislamiento entre circuitos es vital en la instrumentación electrónica se ha decidido por utilizar relés.

## 6.2. Relés

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. El electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán. Con esta idea en mente se diseñaron diversos tipos de relé, pero el funcionamiento básico de todos ellos es que cuando se activa, es decir pasa intensidad por la bobina, el electroimán atrae un contacto metálico haciendo variar el conexionado del circuito y volviendo a la posición inicial al dejar de inducir la bobina (desactivando el electroimán).

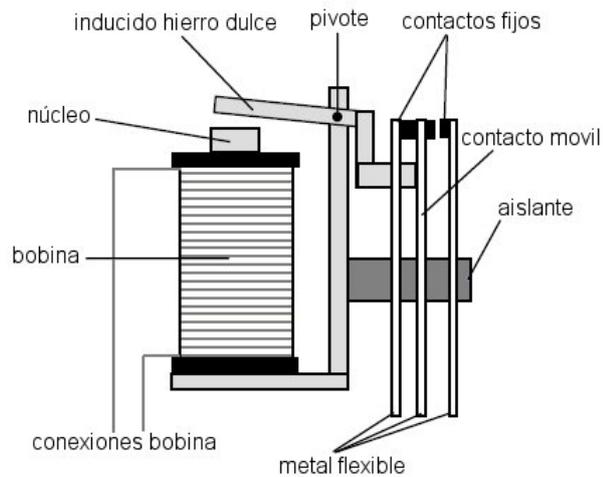


Figura 35. Esquema funcionamiento relé.

Para el control de los diversos sistemas del proyecto se ha decidido utilizar el relé G2RV-SL700 DC24 del fabricante omron. Este es un relé de propósito general, sin enclavamiento de la bobina, tensión de la bobina de 24VDC, corriente de contacto de 6A y con enganche a carril DIN. Se utilizarán un total de tres relés de este tipo, uno para controlar el sistema de ventilación y los otros dos para gestionar el sistema de control del depósito de drenaje.

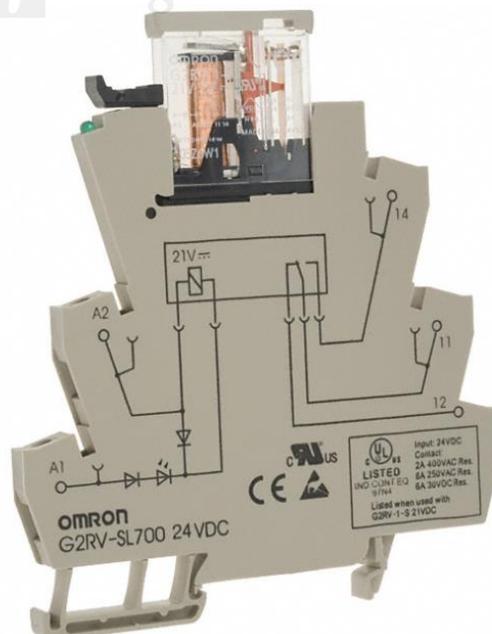


Figura 36. Relé 24V DC.

### 6.3. Actuadores: electroválvulas

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar eléctricamente el paso de un fluido por un conducto o tubería. Generalmente tiene dos posiciones: abierto y cerrado. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos. Tienen dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para accionar la válvula, aplicando el mismo principio de funcionamiento que los relés.

Existen varios tipos de electroválvulas, en algunas el solenoide actúa directamente sobre la válvula dando la energía necesaria para su movimiento. También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso de corriente y cierra con el siguiente. Estas tienen dos contactos eléctricos, de modo que al cambiar de posición la válvula abre uno de ellos y cierra el otro.

Para la consecución del proyecto se decidió utilizar dos electroválvulas de tipo directo, estas pueden ser cerradas en reposo (normalmente cerradas) lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo (normalmente abiertas) que quedan abiertas cuando no hay alimentación. Es decir, en el primer caso la válvula se mantiene cerrada por la acción de un muelle y el solenoide la abre venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula está abierta. Las normalmente abiertas tienen el mismo funcionamiento cambiando el consumo de energía a cuando la válvula está cerrada.

Dentro de la gran oferta que existe en el mercado se ha optado por utilizar, del fabricante m&m international, la electroválvula RD263 normalmente abierta y la D886 normalmente cerrada.



Figura 37. Dimensiones electroválvula m&m.

## 6.4. Sistema de control para la gestión del depósito de drenaje

Este sistema consta de datos aportados por el sistema de pesaje del depósito de drenaje, de varios equipos de control (relés), de varios actuadores (electroválvulas) y de un equipo de adquisición de datos (CR300) que es el encargado de ejecutar las acciones pertinentes dependiendo de las premisas. Como ya se ha comentado con anterioridad el depósito de drenaje tiene una capacidad de 4 litros y pesa 3250g, con el propósito de evitar un desbordamiento del mismo se ha tomado la premisa de vaciarlo cuando alcance los 7 Kg y para no incurrir pérdida de tiempo durante la evacuación del agua se ha tomado como valor mínimo 4 Kg de peso tras analizar la figura XX.

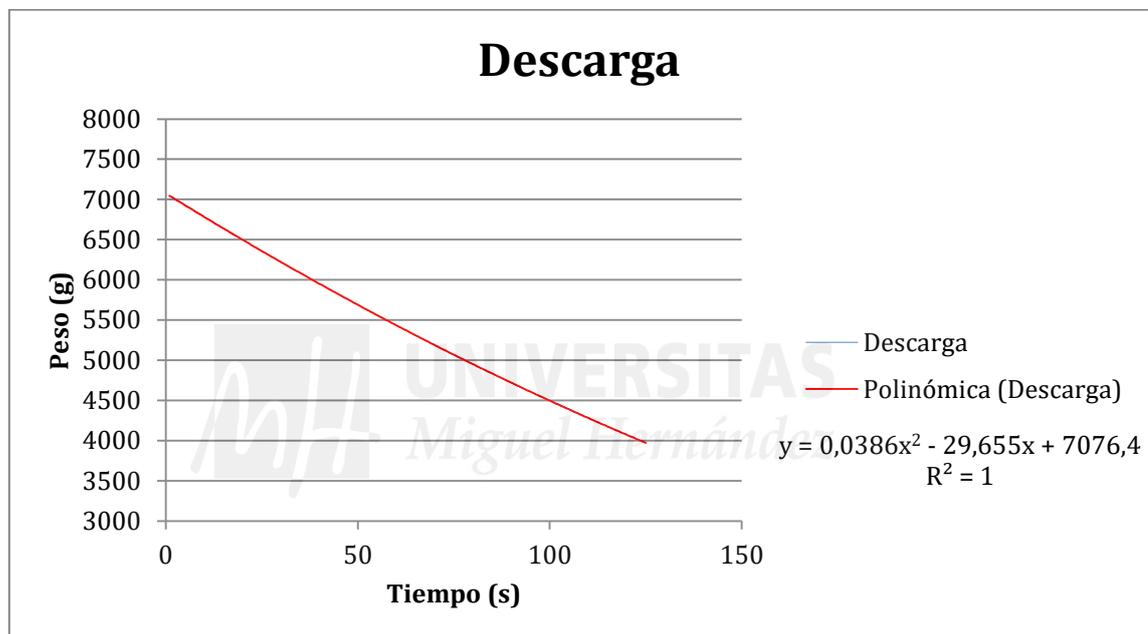


Figura 38. Gráfica de la descarga del depósito de drenaje.

Como se puede observar la descarga se produce de forma polinómica, de manera que cuanto menor es el peso (agua en el depósito), menor es la velocidad de descarga (pendiente). Establecidos los límites de ensayo se comprobó que la descarga tiene una duración de 125 segundos.

Funcionamiento:

Para que el depósito de drenaje cumpla con los valores establecidos en el apartado anterior se decidió instalar una electroválvula normalmente abierta a la salida del recipiente de cultivo (entrada del depósito de drenaje) y otra electroválvula normalmente cerrada a la salida del depósito de drenaje, ambas controladas por relés. Cuando al CR300 le llega una señal procedente del SWIFT indicando que el depósito de drenaje pesa más de 7Kg ordena al propio SWIFT activar la salida digital correspondiente al relé que opera la electroválvula normalmente abierta y la cierra, un instante después se le ordena al SWIFT activar la salida digital correspondiente a la

electroválvula normalmente cerrada, abriéndola e iniciando así la descarga. Cuando al CR300 se le informa de que el depósito de drenaje pesa menos de 4 Kg este ordena al SWIFT desactivar el relé de la electroválvula normalmente cerrada y un instante después lo propio con la electroválvula normalmente abierta, quedando así una vez más en el estado de reposo.

## 6.5. Actuadores: ventiladores para cuadros eléctricos

Debido a la evolución tecnológica de los equipos eléctricos y electrónicos instalados dentro de los cuadros eléctricos (sobre todo en instalaciones industriales con una gran automatización) se requiere una gestión térmica más exigente para un control eficaz de la temperatura. Componentes cada vez más pequeños, aumento del uso de la electrónica, aparición de nuevos productos basados en la electrónica de potencia, hacen de la gestión de la temperatura una necesidad que es preciso tener en cuenta cada vez con mayor frecuencia en la creación de los cuadros eléctricos. Los riesgos que se corren al no disponer de una solución térmica adecuada son muchos, afectando a la vida de los componentes y al rendimiento de las instalaciones, incluso pudiendo provocar un paro en la producción. Al igual que los grados de protección IP/IK, también existen diversos equipos de refrigeración adecuados a cada instalación dependiendo de las condiciones ambientales, la naturaleza de los componentes del cuadro eléctrico, etc. En algunos casos es suficiente sobredimensionar el tamaño del armario, utilizar ventiladores o intercambiadores aire/aire. En otros más extremos en los que la temperatura ambiente sea más elevada, es preciso utilizar los intercambiadores de calor aire/agua o equipos de climatización. Para consecución de este proyecto se ha decidido utilizar ventilación forzada mediante ventiladores y filtros ya que es una opción económica que se adecua a los requisitos: fácil instalación y mantenimiento, temperatura homogénea en todo el cuadro eléctrico, IP elevado, y evacuación de calor media. El ventilador escogido ha sido el D12B05HWS Z00 24 DC con un consumo de 0,32 A del fabricante Costech con su correspondiente rejilla (150mm diagonal).



Figura 39. Ventilador Costech.

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

---

Los filtros utilizados son dos AG12U del fabricante lotec. El ventilador y uno de los filtros estarán situados en el lateral derecho del cuadro, en la zona superior, mientras que el otro filtro se situará en el lateral izquierdo del cuadro, en la zona inferior.



Figura 40. Filtro AG12U Lotec.

## Sistema de telemetría

*En el siguiente capítulo se define y exponen los diversos sistemas de telemetría existentes y la elección de uno de ellos para el uso en el proyecto.*



UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

## 7.1. Telemetría y telecontrol

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. La palabra telemetría procede de las palabras griegas tele, que quiere decir a distancia, y la palabra metron, que quiere decir medida. El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios, como pueden ser teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, entre otros. Si los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar desde un centro de control, se está hablando de telecontrol.

El telecontrol consiste en el envío de indicaciones a distancia mediante un enlace de transmisión (nombradas anteriormente), utilizando órdenes enviadas para controlar un sistema o sistemas remotos que no están directamente conectados al lugar desde donde se envían las ordenes. La palabra viene de dos palabras griegas tele, que significa distancia, y la palabra control. El telecontrol se puede llevar a cabo tanto en tiempo real como no, dependiendo de las circunstancias.

Un sistema en que se monitorean a distancia sus variables y a la vez se pueden dar comandas a distancia para controlar sus actuadores es un sistema de telemetría y telecontrol. Como ejemplo se puede observar el sistema de telemetría de la figura XX, si en él se le añadiera la opción al dispositivo móvil de mandar la acción por ejemplo de accionar una bomba de aporte de agua se estaría hablando de un sistema de telemetría y telecontrol.

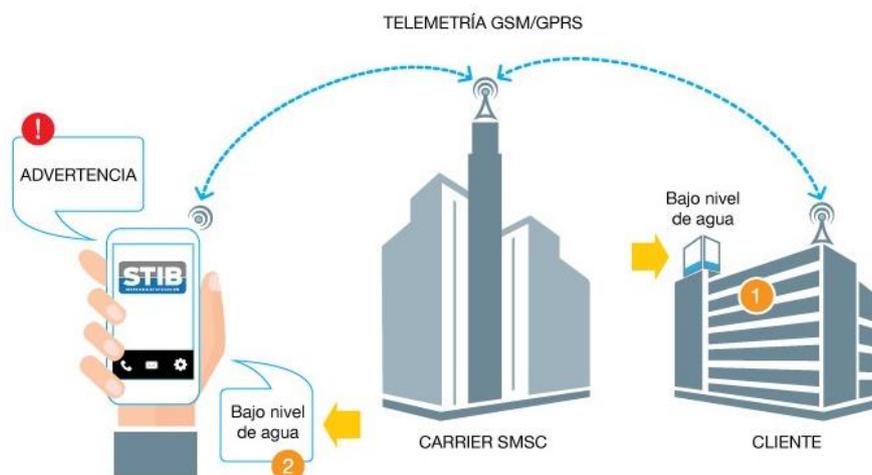


Figura 41. Dibujo representativo telemetría.

## 7.2. Comunicaciones inalámbricas

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que la comunicación (emisor/receptor) no se encuentra unida por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, pcs, PDA, teléfonos móviles, etc. Siguiendo esta definición la comunicación se realiza a través de redes inalámbricas.

El término red inalámbrica (en inglés: wireless network) es utilizado para designar la conexión de nodos que se da por medio de ondas electromagnéticas, sin necesidad de una red cableada o alámbrica. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos. Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina el cableado ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos. Según la cobertura que ofrecen las redes inalámbricas se pueden separar en varios tipos:

WPAN: Wireless Personal Area Network.

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF (estándar para conectar los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores a través de un aparato central); Bluetooth (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); ZigBee (basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y bajo consumo); RFID (sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio).

El alcance típico de este tipo de redes es de unos cuantos metros, alrededor de los 10 metros máximo. La finalidad de estas redes es comunicar cualquier dispositivo personal (ordenador, terminal móvil, PDA, etc.) con sus periféricos, así como permitir una comunicación directa a corta distancia entre estos dispositivos.

WLAN: Wireless Local Area Network

En una configuración típica de LAN (con cable) los puntos de acceso (transceiver) conectan la red cableada de un lugar fijo mediante cableado normalizado. El punto de acceso recibe la información, la almacena y la transmite entre la WLAN y la LAN cableada. Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos treinta metros y hasta varios cientos. El punto de acceso (o la antena conectada al punto de acceso) es normalmente colocado en alto pero podría

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

---

colocarse en cualquier lugar en que se obtenga la cobertura de radio deseada. El usuario final accede a la red WLAN a través de adaptadores. Estos proporcionan una interfaz entre el sistema de operación de red del cliente (NOS: Network Operating System) y las ondas, mediante una antena. La naturaleza de la conexión sin cable es transparente a la capa del cliente. Las principales tecnologías están basadas en Wi-Fi, un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.11

**WMAN: Wireless Metropolitan Area Network**

Es una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica extensa, proporcionando capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo. Se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. Se pueden encontrar varios sistemas de comunicación como LMDS (Local Multipoint Distribution Service) entre otros.

**WWAN: Wireless Wide Area Network**

Una WWAN difiere de una WLAN (Wireless Local Area Network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como WiMAX (aunque se aplica mejor a Redes WMAN), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), GPRS, EDGE, CDMA2000, GSM, CDPD, Mobitex, HSPA y 3G para transferir los datos. También incluye LMDS y Wi-Fi autónoma para conectar a internet.

Debido a que el lisímetro de pesada será instalado en un cultivo es indispensable que la telemetría y telecontrol que se le puedan realizar sean de larga distancia, por ello la tecnología a escoger deberá ser del tipo WWAN.

## 7.3. Equipos de comunicaciones para dataloggers

Los métodos de comunicación que el fabricante Campbell Scientific ofrece para sus dataloggers son múltiples y variados. Dentro de este amplio abanico de equipos se ha tenido que escoger entre los que ofrecían comunicación a largas distancias, entre ellos están los siguientes:

- InterNet y redes IP: Estos productos permiten que los dataloggers Campbell Scientific comuniquen por TCP/IP. Con el NL200 u NL240 conectado a TCP/IP, se puede tener un datalogger alejado y conectado combinado con un modem banda base o un radiomodem.
- Conexión IP remota: Las opciones de IP remota permiten que los dataloggers Campbell Scientific comuniquen con un ordenador utilizando TCP/IP a través de un modem.
- Convertidores de fibra óptica: Las comunicaciones por fibra óptica son ideales en aplicaciones susceptibles a las descargas eléctricas provocadas por tormentas.
- Telemetría por satélite: Campbell Scientific soporta telemetría por satélite a través de los sistemas GOES, Argos y Meteosat. Ofrecen también soluciones mediante los sistemas Iridium e Inmarsat.
- Telefonía: Las comunicaciones telefónicas que ofrecen en Campbell Scientific son mediante modems por telefonía móvil, o con robustos modems por telefonía terrestre, o modems de voz. Sus modems telefónicos pueden combinarse con otros enlaces de telecomunicaciones, como por ejemplo radio y RS485.

De entre estos cinco tipos se descartaron los convertidores de fibra óptica y la telefonía porque supone llevar cableado hasta al cuadro eléctrico, donde esta situado el datalogger. De entre las opciones restantes hay que matizar que la conexión IP remota es suficiente para realizar la telemetría deseada, por lo que tener equipos intermedios (InterNet y redes IP) no suponían ninguna ventaja considerable y se descartaron; entre conexión IP remota y telemetría por satélite se optó por la primera por ser mucho más económica.

## **7.4. Módulo de comunicaciones**

El módulo de comunicaciones escogido ha sido el kit de telefonía móvil CS-3G del fabricante Campbell Scientific. Este kits CS-3G incluye el modem COM111, que permite comunicaciones con un datalogger remoto utilizando las redes 2G (GSM/GPRS) y 3G. En el kit se incluyen también todos los cables necesarios, interfaces, soportes de montaje y una antena exterior con cable. Para poder comunicar sólo es necesario insertar una tarjeta SIM en el interior del modem, que se deberá contratar con una operadora y que esta garantice una buena cobertura de señal en el lugar de la instalación.

Cuando se utiliza en modo datos GPRS/3G, se puede acceder al modem remotamente por TCP/IP. Estos modems tienen bajo consumo y normalmente se dejan siempre encendidos, de forma que se puede acceder rápido a las medidas y transmitir alarmas si es necesario. Si la red 3G tiene buena cobertura, la velocidad de transferencia de datos se aproxima a la que se tendría conectando por cable serie. Usando el modo GPRS/3G con el datalogger, los datos se pueden mandar también por email, FTP o HTTP, y se pueden mandar alarmas por email.

El modem se puede configurar también para llamadas GSM, lo cual está casi ya en desuso (CSD- Circuit Switched Data mode), con funcionalidad similar a la línea telefónica terrestre. En las comunicaciones GSM, el operador debe facilitar un número para datos ya que el COM111 no funciona con un número de teléfono de voz utilizado para datos.

En las comunicaciones GSM con marcación de número de teléfono, el operador factura por el tiempo conectado. Cada vez es más difícil poder contratar esta modalidad y los operadores están dejando de soportarla, por ello es altamente recomendable utilizar comunicaciones de datos GPRS o 3G.

- GPRS: General Packet Radio Service. Una conexión GPRS está establecida por la referencia a su nombre de punto de acceso (APN). Con GPRS se pueden utilizar servicios como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), Multimedia Messaging System (MMS), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web (WWW). Para fijar una conexión de GPRS para un módem inalámbrico, el usuario debe especificar un APN, opcionalmente un nombre y contraseña de usuario, y una dirección IP, todo proporcionado por el operador de red. La transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (en kilo o megabytes), mientras que la comunicación de datos a través de conmutación de circuitos tradicionales se factura por minuto de tiempo de conexión, independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en un estado de inactividad. Por este motivo, se considera más adecuada la conexión conmutada para servicios como la voz que requieren un ancho de banda constante durante la transmisión, mientras que

los servicios de paquetes como GPRS se orientan al tráfico de datos. La tecnología GPRS como bien lo indica su nombre es un servicio orientado a radio-enlaces que da mejor rendimiento a la conmutación de paquetes en dichos radio-enlaces.

- 3G: Abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir voz y datos no-voz (como la descarga de programas, intercambio de correos electrónicos, y mensajería instantánea). Aunque esta tecnología estaba orientada a la telefonía móvil, desde hace unos años las operadoras de telefonía móvil ofrecen servicios exclusivos de conexión a Internet mediante módem USB, sin necesidad de adquirir un teléfono móvil, por lo que cualquier ordenador puede disponer de acceso a Internet. Existen otros dispositivos como algunos netbooks y tablets que incorporan el módem integrado en el propio equipo. En todos los casos se requiere una tarjeta SIM para su uso, aunque el uso del número de teléfono móvil asociado a la tarjeta para realizar o recibir llamadas pueda estar bloqueado o estar asociado a un número con contrato 3G. La mayoría de móviles 3G soportan su uso como módem USB (soportado por todos los teléfonos inteligentes con Android y con iOS) y algunos permiten su uso vía Wi-Fi o Bluetooth.

Debido a que tan solo se precisa transmitir datos espontáneamente se ha decidido utilizar la comunicación via GPRS. La configuración del sistema de telemetría y de la tarjeta SIM se explicará en los siguientes apartados.



Figura 42. Modem COM111.

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

La conexión al datalogger se realiza mediante una conexión RS-232, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura:

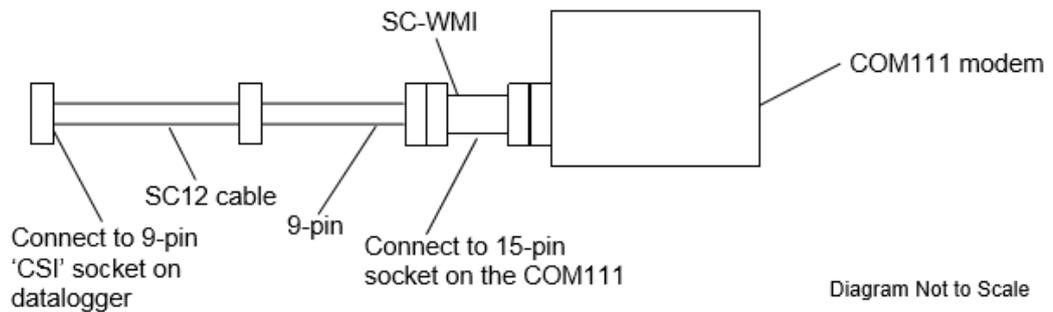


Figura 43. Conexión RS-232.

El kit CS-3G también incorpora una antena de baja ganancia y banda ancha que se acopla al módem mediante un cable coaxial negro. Debido a que la antena se ajusta a las necesidades del proyecto se optó por utilizar la suministrada en el kit.



Figura 44. Antena con soporte.

Las especificaciones técnicas del módem COM111 son:

Alimentación de entrada voltaje y corriente:

- 5-32V DC (capaz de suministrar 400 mA nominales y picos de 2A)

Consumo de energía del sistema:

- Tipicamente: (módem solo) 5 mA en modo 'standby' (GSM)
- <400 mA on-line, transmitiendo (tipicamente 100-200 mA)
- ~ 20-30 mA online en modo GPRS/3G.

Frecuencias soportadas:

- Quad band GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900 MHz
- 900/2100 HSDPA (3G) para Europe y Asia

Velocidad del puerto serie del módem:

- 9600 baud para dataloggers antiguos y el CR200X.
- 115 kbaud para GPRS/3G usado con dataloggers nuevos.

Características físicas: (module solo)

- Temperatura de operación: -30°C a +65°C
- Humedad: Hasta 90%, sin condensacion

## 7.5. SIM M2M Wireless Logic

Se ha decidido utilizar una tarjeta SIM M2M de la compañía Wireless Logic ya que es líder en europea en servicios gestionados. En parte gracias a su infraestructura, sus plataformas web fiables y una gran conectividad a través de múltiples redes. En colaboración con compañías gestoras de redes móviles y satelitales, ofrecen unos de los mejores servicios gestionados m2m disponibles para integradores de sistemas.

Han demostrado un gran desarrollo y entrega de soluciones m2m PaaS (Plataforma como Servicio) e IaaS (Infraestructura como Servicio) a medida enfocadas a las necesidades del mercado, donde la fiabilidad, bajos costes, niveles de servicio y conocimiento del sector son importantes. Wireless Logic ha logrado un reconocimiento global, así como ser considerado un socio prioritario por muchos de los principales operadores mundiales de telefonía móvil.

En la página web de Wireless Logic se facilita el software NetExtender que, tras llamada telefónica previa, permite configurar la conexión a la VPN vinculada a la tarjeta M2M.

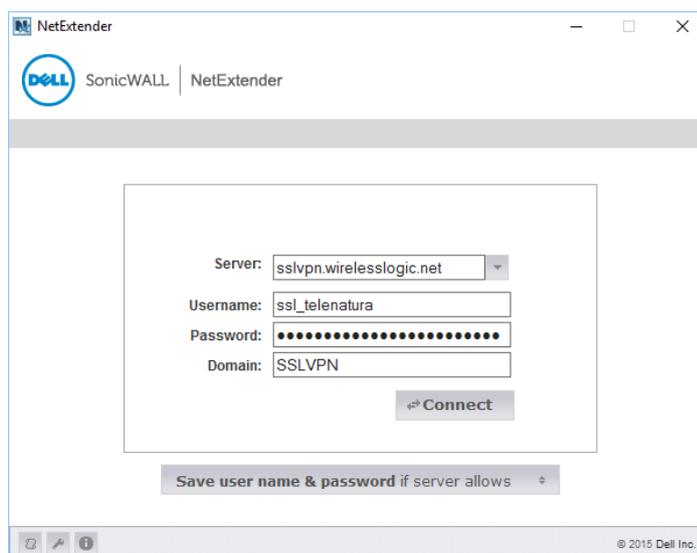


Figura 45. Interfaz software NetExtender.

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

Además del software necesario para realizar la conexión a la tarjeta, Wireless Logic ofrece una plataforma para la gestión M2M: SIMPro.

SIMPro es una plataforma de gestión de SIMs M2M, un motor detrás del usuario que da una completa visibilidad, control, facturación y gestión de flotas de SIMs, independientemente de la red móvil. Diseñado para ver la actividad de las grandes propiedades SIM. SIMPRO se integra dentro de cada paquete de servicios gestionados de todos los clientes cuando se combina con las suscripciones SIM.

Es un servicio gratuito para todos los usuarios de Wireless Logic y entre sus funciones se puede:

- Activar y suspender SIMs directamente.
- Monitorizar la actividad de un parque de SIMs entero: a través de diferentes redes, SIMs locales y globales.
- Optimizar el rendimiento de sus SIMs, monitorizar el uso de datos para asegurarse de que se seleccione la tarifa correcta, y así evitando “sustos” en la factura.
- Hacer seguimiento del proceso de activación gracias al sistema de notificación de SIMpro basado en un semáforo de colores.
- Duplicados de SIM, actuar inmediatamente si una SIM se pierde o es robada, su reactivación puede llevar de 1-24 horas.
- Comunicación bidireccional con su plataforma de SMS en SIMpro.
- Seguimiento de la localización del parque de SIMs completo.
- Especificar requisitos clave, por ejemplo, habilitar el roaming internacional o las llamadas de voz.



Figura 46. Servicios Wireless Logic.

## 7.6. Configuración del sistema de telemetría

Para la configuración del sistema de telemetría hay que coordinar correctamente tres apartados: la tarjeta SIM M2M, el módem COM111, y la conexión con el datalogger a través del software específico.

La tarjeta SIM M2M se configura tal y como se ha explicado en el apartado anterior, la compañía suministradora debe activar la apn y facilitar la dirección ip para configurar el software NetExtender en un pc.

Para configurar el módem se deben seguir ciertos pasos en orden. Primeramente insertar la tarjeta SIM en la ranura del módem, tal como se observa en la figura XX.



Figura 47. Ranura tarjeta SIM.

Es necesario tener el módem con alimentación, la antena conectada y el cable de programación (facilitado en el kit CS-3G). Será necesario también disponer de un conversor de conexión serie a USB. Descargar e instalar el software gratuito del fabricante Campbell Scientific Mobile Data Assistant, su interfaz debería de coincidir con la siguiente.

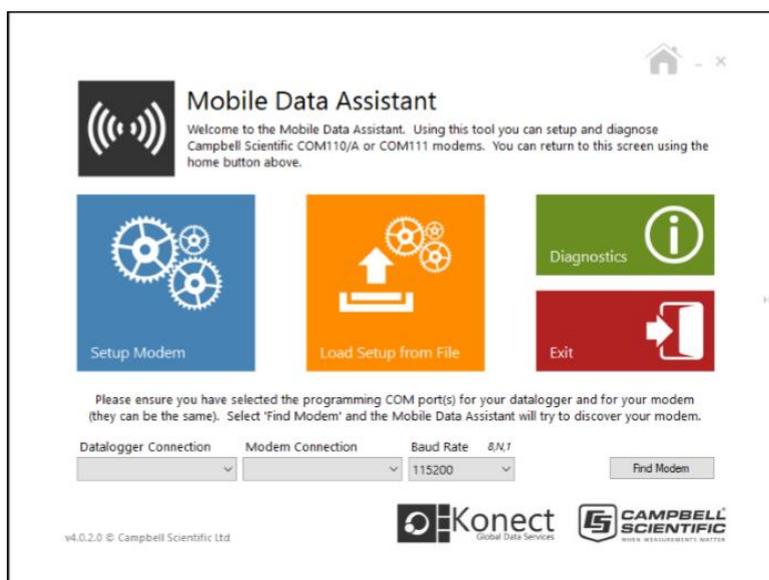


Figura 48. Interfaz MDA 1.

## *Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

Conectar el módem con el datalogger a través del cable de programación (cable de puerto serie de 9 a 15 pines color gris), ambos deben de estar alimentados. Conectar seguidamente el módem al PC (es este caso fue necesario la utilización de un convertidor a USB). Cuando el software Mobile Data Assistant detecte los equipos (tras breves instantes) se selecciona la velocidad de transmisión, por defecto en 115200 y al tratarse de un modelo nuevo de datalogger se puede dejar en esta velocidad.

Seguidamente haciendo click en "Setup Modem" se accede a la siguiente interfaz donde se escogen el tipo de datalogger y de módem, en este caso un CR300 y un COM111 respectivamente, y se selecciona una conexión tipo GPRS/2G/3G. En la siguiente interfaz se pedirá establecer el tipo de conexión IP, en la cual para el datalogger CR300 se seleccionará Logger IP Stack. Seguidamente se configura el método de conexión en Logger Listening para dataloggers nuevos. Como se puede apreciar en la figura XX la próxima interfaz pide los detalles de la conexión. Dependiendo del modelo de datalogger puede que existan diferencias en la interfaz, aquí se selecciona el puerto al cual esta conectado el datalogger (si el datalogger esta conectado al pc indirectamente, es decir a través del módem, el puerto de este coincidirá con el puerto del módem), se introduce la APN facilitada por la compañía de la tarjeta SIM, usuario y contraseña si son necesarios y el puerto de escucha del PackBus se puede dejar por defecto en 6785 (si se modifica anotarlo para posteriormente poder contactar a través del software del datalogger), por último en el modo del módem se seleccionará GPRS y se avanzará haciendo click en "Next".

The screenshot shows a 'Setup - Settings' window with the following fields and options:

- Datalogger Port:** CS I/O SDC7 (dropdown menu)
- APN:** mobile.o2.uk (text input field)
- User ID:** (empty text input field)
- Password:** (empty text input field)
- Listening Port:** 6785 (text input field)
- Modem Mode:** Auto (Default) (dropdown menu)

Navigation buttons: Back (left arrow) and Next (right arrow).

Logos at the bottom: Konect (Global Data Services) and CAMPBELL SCIENTIFIC (www.instruments.net/usa).

Figura 49. Interfaz MDA 2.

Una vez toda la configuración ha sido seleccionada solo queda confirmar y programar el módem, para ello se hace click en “Apply Setup” tal y como se puede apreciar en la figura 50.



Figura 50. Interfaz MDA 3.

Tras unos instantes aparecerá una ventana avisando de que el modem se ha configurado correctamente. Para comprobar que todo funciona correctamente se sustituye el cable de programación entre el módem y el datalogger por el cable de funcionamiento (de color negro), se conecta la antena y se situa ésta en un lugar donde se sepa que llega cobertura y en la interfaz principal (figura XX) hacer click en “Diagnostics”. Si todo funciona correctamente aparecerá la conexión y la cobertura.

Con todo esto se puede afirmar que los datos se envían correctamente a la APN contratada, pero aun no se ha configurado el como consultar dichos datos remotamente desde el PC. Para ello es necesario configurar el software específico para dataloggers que se utilizará. La selección del software y su configuración se expondrán en el siguiente capítulo.

## Software de adquisición de datos

*Seguidamente se detallan los diferentes softwares existentes para el manejo de los equipos de adquisición de datos del fabricante utilizado en el proyecto.*



UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

## 8.1. Software para dataloggers CampbellSci.

CampbellScientific ofrece diversos paquetes de software de soporte para el datalogger, los cuales permiten realizar programas para el datalogger, comunicar el PC con el datalogger y visualizar datos tanto en tiempo real como en históricos. Permiten gestionar un sólo datalogger o una red de dataloggers. A continuación se describen en su totalidad:

- PC200W: es un software de iniciación gratuito para PC, para usuarios que empiezan a trabajar con dataloggers de Campbell Scientific o para aplicaciones que no requieran un avanzado enlace de comunicaciones o de programación del datalogger; las funciones que incorpora son básicas, ajuste del reloj del logger, cargar programa al logger, monitorizar y descargar datos del logger... El PC200W sólo admite conexión directa entre un PC y el datalogger, es decir, no son posibles enlaces de telecomunicaciones o la descarga de datos programada desatendida. Una vez creado un programa de adquisición con el asistente Short Cut, se utiliza el software PC200W para cargar el programa al datalogger.
- DevConfig: Device Configuration Utility permite enviar nuevos sistemas operativos a dataloggers y otros dispositivos con memoria flash, configurar varios parámetros de PakBus® en dataloggers, y editar configuraciones para comunicaciones periféricas, tales como el NL240 y el RF401A. Es utilizado para configurar dataloggers y periféricos antes de que estos dispositivos se desplieguen en el campo y antes de que los dispositivos se agreguen a las redes de un software de soporte de datalogger de Campbell Scientific. La última versión de DevConfig puede ser descargada gratuitamente desde la página oficial del fabricante.
- PC400: software de soporte para PC de nivel intermedio para dataloggers Campbell Scientific. Este software admite variedad de opciones en telecomunicaciones, descarga de datos manual y visualización de datos del datalogger. Incluye el software Short Cut y los editores de lenguajes de programación (CRBasic, Edlog). El PC400 no admite enlaces de comunicaciones combinados (por ej. telefonía a RF), ni enrutado PakBus®, ni programación de la descarga de datos; en cuyo caso LoggerNet sería la herramienta software adecuada.
- LoggerNet: es el principal paquete de software de soporte para datalogger. Permite programar, comunicar y descargar datos del logger al PC. LoggerNet consiste en una aplicación servidor y varias aplicaciones cliente, integradas en un mismo producto. Permite lógicamente comunicar con un solo datalogger, pero su punto fuerte es el gestionar una red con muchos dataloggers, así como las particularidades de las telecomunicaciones y descargas de datos programables. La versión 4 es la última actualización de LoggerNet que incluye una herramienta para diseñar y configurar redes de dataloggers PakBus®, un visor de datos más potente, una actualización de RTMC, un rediseño de la barra de herramientas, y nuevas prestaciones en las aplicaciones de cliente existentes.

- RTDAQ: es el software de Campbell Scientific dirigido a aplicaciones que requieren adquisición de datos a alta velocidad. Este versátil software admite variedad de opciones en telecomunicaciones, descarga de datos manual, y extensiva visualización de datos. RTDAQ incluye también asistente de programación ShortCut y los editores de programación avanzados. En cambio no soporta enlaces de comunicación combinados (por ej. telefonía a RF) o descarga de datos programada desatendida; en estos casos es necesario adquirir LoggerNet.

Una vez estudiadas todas las opciones se decidió que el mejor software para la consecución del proyecto era LoggerNet, debido a su gran variedad de posibilidades y fiabilidad.

## 8.2. Loggernet para PC

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, Loggernet es el principal software ofertado por la compañía Campbell Scientific. Entre sus aplicaciones:

- Configurar el servidor para comunicación entre múltiples dataloggers a través de una gran variedad de tipos de comunicación.
- Crear programas a medida para datalogger utilizando las herramientas Short Cut, Edlog, o el CRBasic Editor.
- Conectarse al datalogger para poner en hora el reloj, enviar programas, o realizar otras funciones administrativas.
- Recogida de datos cuando se solicite o programada.
- Supervisar y solucionar problemas en la red.
- Visualizar datos en tiempo real en tablas o en gráficos.
- Crear tareas automatizadas.
- Procesar archivos de datos utilizando Split.
- Guardar datos en formatos (incluyendo CSV y XML) que pueden ser importados en softwares de análisis de datos externos, por ejemplo Excel.

En la interfaz principal de LoggerNet se agrupan las aplicaciones en diversos grupos, tal y como se puede apreciar en la figura 51.



Figura 51. Interfaz LoggerNet 1.

Setup, agrupado en el apartado Main, es una herramienta utilizada para configurar la comunicación a establecer entre el LoggerNet y uno o varios Dataloggers. Para la configuración y pruebas realizadas en el laboratorio se estableció una conexión directa y posteriormente se estableció la conexión de IP remota. A continuación se muestra la interfaz principal del Setup.



Figura 52. Interfaz LoggerNet 2.

En la parte izquierda de la imagen se pueden observar las configuraciones de varios tipos de comunicación con varios dataloggers. Para la creación de una nueva configuración hay que hacer click en “Add” apareciendo la siguiente ventana de ajuste.

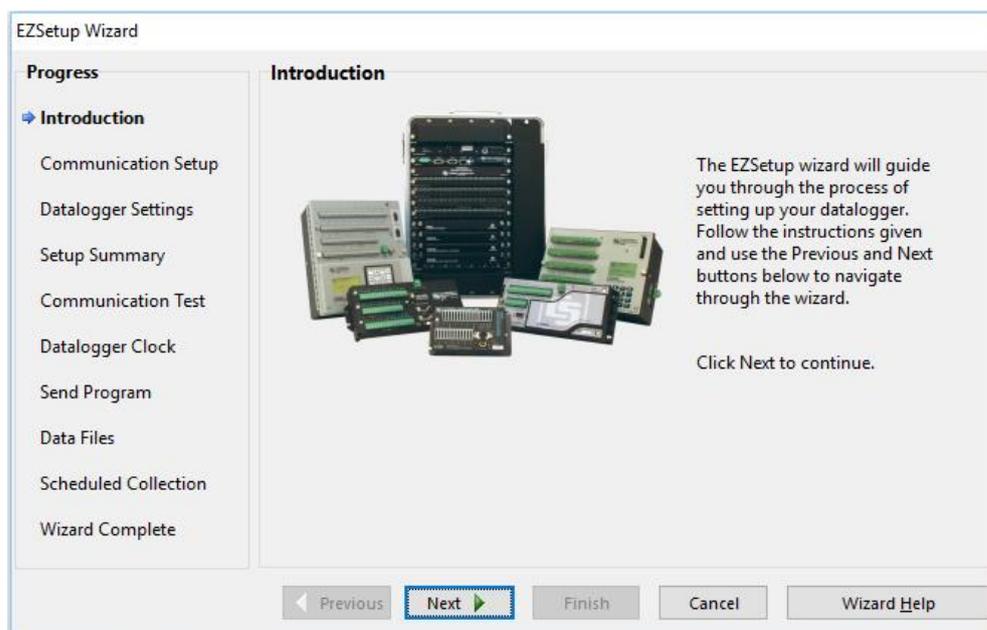


Figura 53. Interfaz LoggerNet 3.

## *Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

Siguiendo el asistente se irá avanzando por la lista, en la izquierda de la interfaz. El primer paso a realizar es escoger el modelo de datalogger, en este caso el CR300. Seguidamente se escoge tipo de comunicación (figura 54).

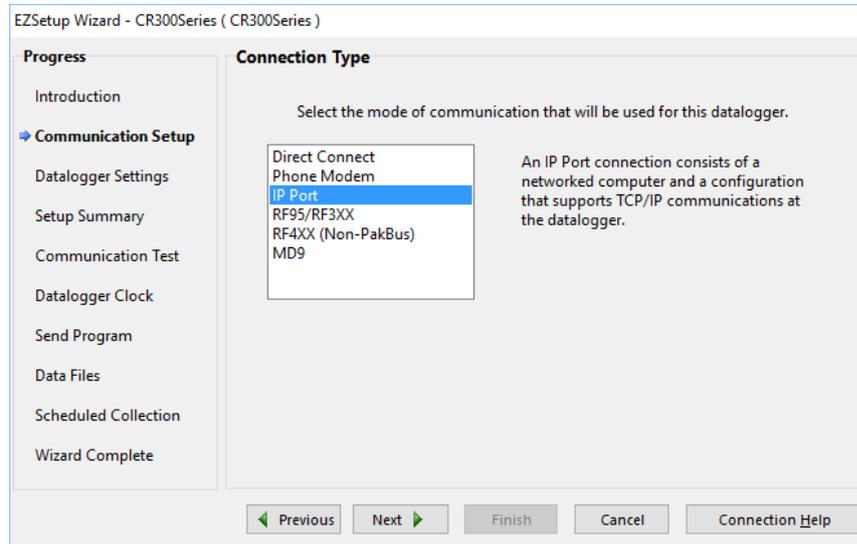


Figura 54. Interfaz LoggerNet 4.

Se inserta la dirección IP (en caso de escoger este tipo de comunicación), la dirección dentro del bus (como solo se contacta con un datalogger a la vez con poner siempre la dirección es suficiente en este caso), si es necesario se añade tiempo de respuesta extra y se configura el tiempo máximo de conexión (0 para representar tiempo de conexión ilimitado). Una vez establecidos estos parámetros aparece una ventana para añadir seguridad a la conexión en el caso de que se requiera, a continuación se muestra un resumen de la comunicación y se realiza una prueba de conexión con el datalogger.

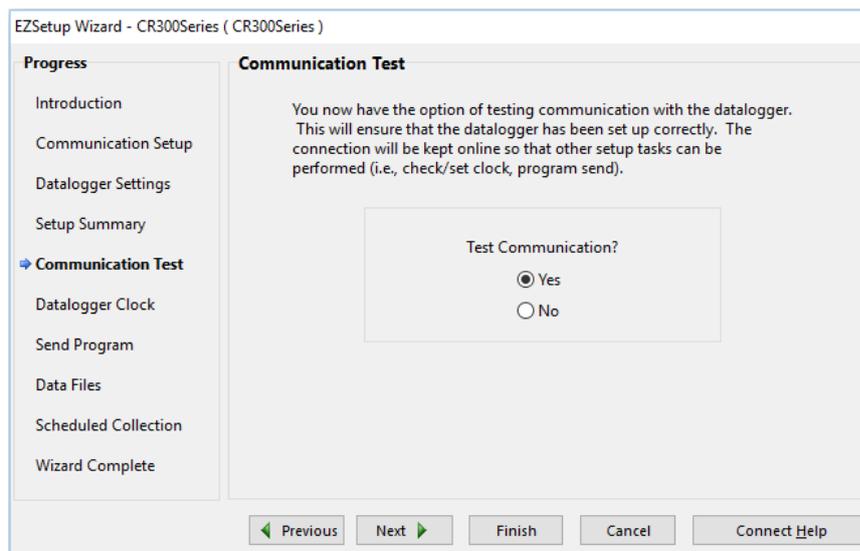


Figura 55. Interfaz LoggerNet 5.

El resto de parámetros se pueden dejar en blanco y completar posteriormente.

La herramienta Conect, también agrupada en el Main, permite realizar la conexión con un datalogger (o varios) seleccionando alguna de las configuraciones creadas previamente en el Setup. Así es como se ve su interfaz:

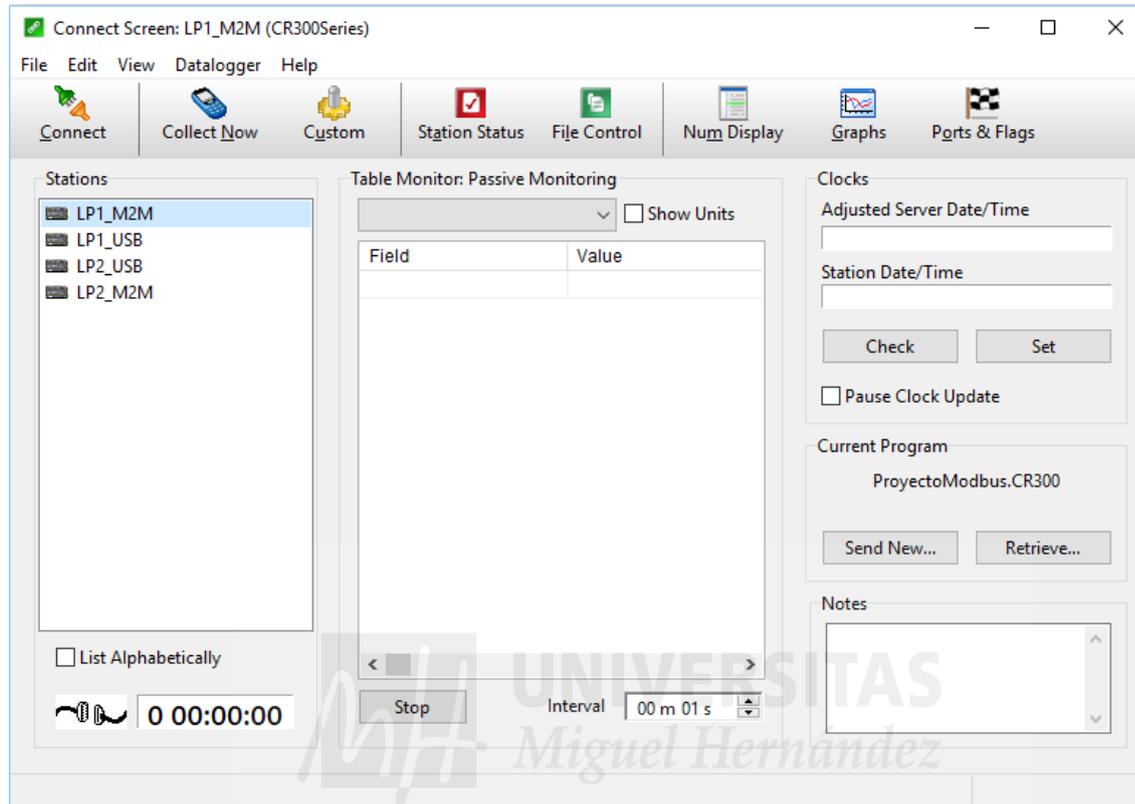


Figura 56. Interfaz LoggerNet 6.

En la parte inferior izquierda de la interfaz esta representada la conexión a través de un enchufe y en caso de estar online se muestra el tiempo de conexión transcurrido. Para recoger los datos almacenados en el datalogger hay que hacer click en “Collect Now” y aparecerá una nueva ventana preguntando el directorio y la extensión en la que se desea almacenar los datos. También es posible enviar programas a través de esta herramienta haciendo click en “Datalogger” y luego en “send program”, aunque cuando se está creando un programa lo más normal es enviarlo a través del editor.

Para crear un programa se puede utilizar la herramienta Short Cut que simplifica enormemente el código y es muy intuitivo a la hora de utilizarlo. Sin embargo no dispone de la flexibilidad que se tiene al escribir el código comando a comando de manera personalizada, para estos casos en que la herramienta Short Cut no se ajusta a las necesidades existe el editor CRBasic. Para la creación del programa utilizado en este proyecto se utilizó el editor CRBasic dada la necesidad de acceder a registros de los indicadores de pesada mediante modbus. Tanto la herramienta Short Cut como el editor CRBasic están agrupados en el apartado Program (figura XX).

## Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS



Figura 57. Interfaz LoggerNet 7.

Cuando se utiliza el editor CRBasic hay que seleccionar para qué modelo de datalogger se va a crear el programa. Una vez seleccionado aparece una ventana con una plantilla básica para dicho modelo, en el caso del CR300 se muestra la siguiente ventana:



Figura 58. Interfaz LoggerNet 8.

A la derecha de la ventana aparecen los diversos métodos disponibles. En la plantilla (en la izquierda) aparece en orden: declaración de constantes y variables, definición de tablas, definición de subrutinas y programa principal (donde se establece la configuración del escaneo).

El resto de herramientas disponibles en el software LoggerNet, aunque útiles, no han sido utilizadas en el proceso de creación del programa por lo que no se hará especial hincapié en explicar cada uno de ellas.

## 8.3. Algoritmo de adquisición y almacenamiento de datos

Para el algoritmo de adquisición y almacenamiento de datos simplemente se ha de utilizar la plantilla básica ampliando las tablas y escaneando los valores deseados dentro del programa principal para almacenarlos dentro de las tablas creadas.

Se han utilizado un total de cinco tablas:

Tabla Minutal, almacena datos cada minuto de la media, el valor instantáneo, el mínimo y el máximo del peso del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje.

DataTable (Minutal,1,-1)

DataInterval (0,1,Min,10)

Average(1,Peso\_RC,IEEE4,False)

FieldNames("MediaPeso")

Average(1,Peso\_DD,IEEE4,False)

FieldNames("MediaDrenaje")

Sample(1,Peso\_RC,IEEE4)

FieldNames("InstantaneoPeso")

Sample(1,Peso\_DD,IEEE4)

FieldNames("InstantaneoDrenaje")

Minimum(1,Peso\_RC,IEEE4,False,false)

FieldNames("MinimoPeso")

Minimum(1,Peso\_DD,IEEE4,False,false)

FieldNames("MinimoDrenaje")

Maximum(1,Peso\_RC,IEEE4,False,false)

FieldNames("MaximoPeso")

Maximum(1,Peso\_DD,IEEE4,False,false)

FieldNames("MaximoDrenaje")

Minimum(1,Descarga,IEEE4,False,false)

FieldNames("Vaciado\_1min")

EndTable

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

---

Tabla Minut10, almacena datos cada 10 minutos de la media, el valor instantáneo, el mínimo y el máximo del peso del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje.

DataTable (Minut10,1,-1)

DataInterval (0,10,Min,10)

Average(1,Peso\_RC,IEEE4,False)

FieldNames("MediaPeso\_10min")

Average(1,Peso\_DD,IEEE4,False)

FieldNames("MediaDrenaje\_10min")

Sample(1,Peso\_RC,IEEE4)

FieldNames("InstantaneoPeso\_10min")

Sample(1,Peso\_DD,IEEE4)

FieldNames("InstantaneoDrenaje\_10min")

Minimum(1,Peso\_RC,IEEE4,False,false)

FieldNames("MinimoPeso\_10min")

Minimum(1,Peso\_DD,IEEE4,False,false)

FieldNames("MinimoDrenaje\_10min")

Maximum(1,Peso\_RC,IEEE4,False,false)

FieldNames("MaximoPeso\_10min")

Maximum(1,Peso\_DD,IEEE4,False,false)

FieldNames("MaximoDrenaje\_10min")

Minimum(1,Descarga,IEEE4,False,false)

FieldNames("Vaciado\_10min")

EndTable

Tabla Minut30, almacena datos cada 30 minutos de la media, el valor instantáneo, el mínimo y el máximo del peso del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje.

```
DataTable (Minut30,1,-1)
  DataInterval (0,30,Min,10)
  Average(1,Peso_RC,IEEE4,False)
  FieldNames("MediaPeso_30min")
  Average(1,Peso_DD),IEEE4,False)
  FieldNames("MediaDrenaje_30min")
  Sample(1,Peso_RC,IEEE4)
  FieldNames("InstantaneoPeso_30min")
  Sample(1,Peso_DD,IEEE4)
  FieldNames("InstantaneoDrenaje_30min")
  Minimum(1,Peso_RC,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MinimoPeso_30min")
  Minimum(1,Peso_DD,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MinimoDrenaje_30min")
  Maximum(1,Peso_RC,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MaximoPeso_30min")
  Maximum(1,Peso_DD,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MaximoDrenaje_30min")
  Minimum(1,Descarga,IEEE4,False,false)
  FieldNames("Vaciado_30min")
EndTable
```

Tabla Hora, almacena datos cada hora de la media, el valor instantáneo, el mínimo y el máximo del peso del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje.

```
DataTable (Hora,1,-1)
  DataInterval (0,60,Min,10)
  Average(1,Peso_RC,IEEE4,False)
  FieldNames("MediaPeso_h")
  Average(1,Peso_DD,IEEE4,False)
  FieldNames("MediaDrenaje_h")
  Sample(1,Peso_RC,IEEE4)
  FieldNames("InstantaneoPeso_h")
  Sample(1,Peso_DD,IEEE4)
  FieldNames("InstantaneoDrenaje_h")
  Minimum(1,Peso_RC,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MinimoPeso_h")
  Minimum(1,Peso_DD,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MinimoDrenaje_h")
  Maximum(1,Peso_RC,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MaximoPeso_h")
  Maximum(1,Peso_DD,IEEE4,False,false)
  FieldNames("MaximoDrenaje_h")
  Minimum(1,Descarga,IEEE4,False,false)
  FieldNames("Vaciado_h")
EndTable
```

Por último la tabla Estado que almacena diversos valores de control cada 10 min.

```
DataTable (Var_Estado,1,-1)
  DataInterval (0,10,Min,10)
  Minimum (1,batt_volt,IEEE4,False,False)
  Sample (1,PTemp,FP2)
  Sample (1,Ventilador,IEEE4)
  Minimum (1,Ventilador,IEEE4,False,False)
  Minimum (1,EVNA,IEEE4,False,False)
  Minimum (1,EVNC,IEEE4,False,False)
EndTable
```

El escaneado de los valores del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje es realizado en el programa principal a través de los siguientes comandos en modbus:

ModbusMaster (Com\_RC,COM1,9600,Recipiente\_cultivo,4,Peso\_RC,11,1,3,10,0)

ModbusMaster (Com\_DD,COM1,9600,Deposito\_Drenaje,4,Peso\_DD,11,1,3,10,0)

Donde ModbusMaster es el nombre del comando, el atributo Com\_RC hace referencia al código de estado de transmisión (1 para conexión con éxito, cualquier otro valor representa un error en la transmisión), COM1 hace referencia al puerto del CR300 utilizado para la conexión a través de ModBus, 9600 hace referencia a la velocidad de transmisión (debido a restricciones en el conversor CRS-485 esta es la velocidad máxima posible), Recipiente\_cultivo hace referencia a la dirección asignada del SWIFT encargado de medir el recipiente de cultivo (dirección 1), 4 hace referencia a la instrucción en ModBus a utilizar (4 representa Read Input Registers), Peso\_RC hace referencia a la variable donde se almacenará el dato, 11 hace referencia a la dirección del registro del SWIFT, donde se almacena el peso neto, más 1 (se accede a la dirección 10 del registro) y el resto de parámetros condicionan el tamaño del dato, el numero de intentos de comunicación antes de incurrir en fallo, el tiempo de espera de cada comunicación en centésimas de segundo y el formato de representación del dato respectivamente.

Address Register	Address Hexa. Command	Address Decimal Command	Length (Words)	Description	Format	Read Data
30010	0009	9	2	Net weight (H)	Long	
30011				Net weight (L)		
30012	000B	11	2	Gross weight (H)	Long	
30013				Gross weight (L)		
30014	000D	13	2	Tare (H)	Long	
30015				Tare (L)		
30016	000F	15	1	Weight status	Byte	See table "A"
30017	0010	16	2	A/D converter internal counts (H)	Long	
30018				A/D converter internal counts (L)		
30019	0012	18	1	mV/V	Integer	<sup>(1)</sup>
30020	0013	19	1	mV/V status	Byte	See table "B"
30021	0014	20	1	Analog output status	Integer	<sup>(2)</sup> See table "C"
30022	0015	21	1	Instrument "On-line"	Byte	
30023	0016	22	1	Digit display 1	Byte	See table "D"
30024	0017	23	1	Digit display 2	Byte	See table "D"
30025	0018	24	1	Digit display 3	Byte	See table "D"
30026	0019	25	1	Digit display 4	Byte	See table "D"
30027	001A	26	1	Digit display 5	Byte	See table "D"
30028	001B	27	1	Digit display 6	Byte	See table "D"
30029	001C	28	1	Display Led status	Integer	See table "E"
30030	001D	29	1	Software version "AB"	Integer	Software version "ABCDEFGH" ASCII code of every character. Example:"1.00204" H digit always is 0x00 Serial N° 0000000...9999999
30031	001E	30	1	Software version "CD"	Integer	
30032	001F	31	1	Software version "EF"	Integer	
30033	0020	32	1	Software version "GH"	Integer	
30034	0021	33	2	Indicator serial number (H)	Long	
30035				Indicator serial number (L)		

Tabla 3. Input registers.

## 8.4. Algoritmo de control del depósito de drenaje

En la figura XX se puede observar el diagrama de flujo que sigue el algoritmo de control del depósito de drenaje. Cuando se denota que una electroválvula tiene valor 0 significa que no está activa y cuando tiene valor 1 que está excitada, por ejemplo en el estado 1 la electroválvula normalmente abierta con valor 0 estará abierta y la electroválvula normalmente cerrada con valor 0 estará cerrada.

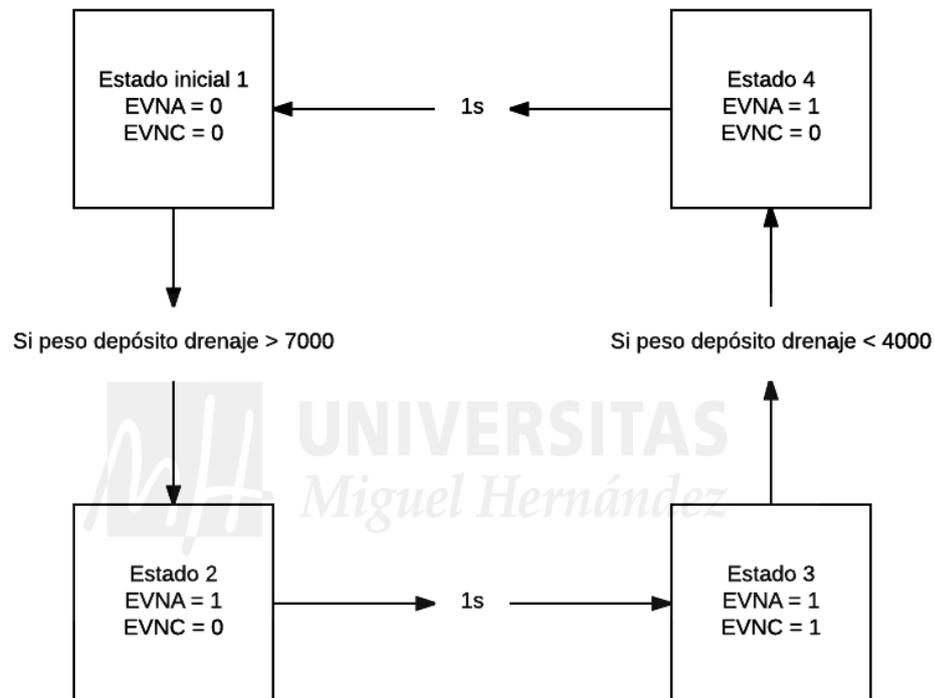


Figura 59. Diagrama de flujo del control del depósito de drenaje.

A continuación se muestra el código correspondiente a este algoritmo.

```
ModbusMaster (Com_EVNA,COM1,9600,Deposito_Drenaje,1,EVNA,2,1,3,10)
ModbusMaster (Com_EVNC,COM1,9600,Deposito_Drenaje,1,EVNC,3,1,3,10)
```

```
Estado(2) = EVNA AND NOT EVNC AND Estado(1)
Estado(4) = EVNA AND NOT EVNC AND Estado(3)
Estado(1) = NOT EVNA AND NOT EVNC
Estado(3) = EVNA AND EVNC
Descarga = EVNC
```

If (Estado(1)) Then

If(Peso\_DD > Peso\_DepositoHigh) Then

EVNA = true

ModbusMaster(Com\_EVNA,COM1,9600,Deposito\_Drenaje,5,EVNA,2,1,3,10)

EndIf

ElseIf (Estado(2)) Then

EVNC = true

ModbusMaster(Com\_EVNC,COM1,9600,Deposito\_Drenaje,5,EVNC,3,1,3,10)

ElseIf (Estado(3)) Then

If(Peso\_DD < Peso\_DepositoLow) Then

EVNC = false

ModbusMaster(Com\_EVNA,COM1,9600,Deposito\_Drenaje,5,EVNC,3,1,3,10)

EndIf

ElseIf (Estado(4)) Then

EVNA = false

ModbusMaster(Com\_EVNA,COM1,9600,Deposito\_Drenaje,5,EVNA,2,1,3,10)

EndIf

Al principio del algoritmo se leen los estados reales de las electroválvulas, es decir se copia el valor de la salida digital a la variable de la electroválvula correspondiente. En este caso la función que debe realizar el método de ModBus es el de Read Coil (1) y la dirección es la del registro correspondiente a la salida digital más 1.

Address Register	Address Hexa. Command	Address Decimal Command	Description	E2PROM	Comment
00001	0000	0	Digital output 1	NO	Read/write digital output 1
00002	0001	1	Digital output 2	NO	Read/write digital output 2
00003	0002	2	Digital output 3	NO	Read/write digital output 3

Tabla 4. Coils.

Justo después se asigna el estado dependiendo del estado de las electroválvulas en ese momento para posteriormente realizar el diagrama de bloques mediante funciones If-else. Para escribir en una salida digital la función en ModBus es Write Single Coil (5).

## 8.5. Algoritmo de control PID de temperatura del cuadro

En la figura XX se puede observar el diagrama de flujo que sigue el algoritmo de control PID de temperatura del cuadro. Al igual que en el algoritmo anterior el valor 0 significa que no está activo y cuando tiene valor 1 que está excitado. La temperatura del cuadro es medida por el datalogger con un medidor interno.

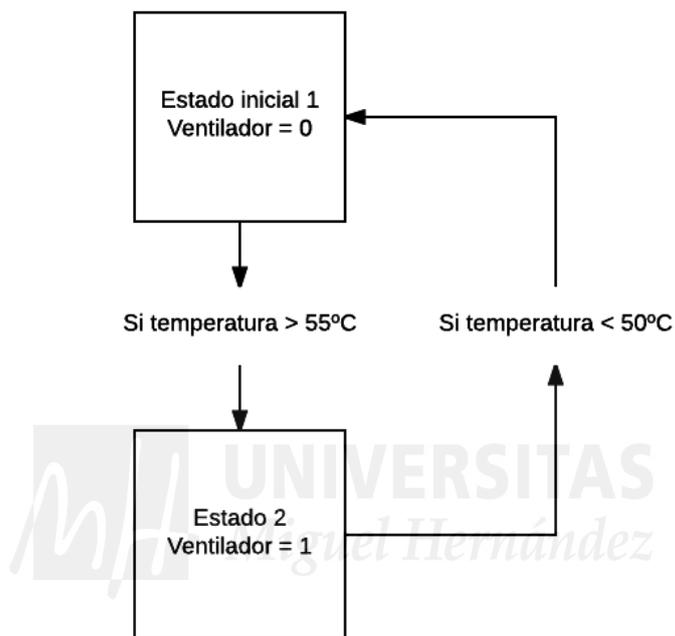


Figura 60. Diagrama de flujo del control PID de temperatura.

A continuación se muestra el código correspondiente a este algoritmo.

```
PanelTemp (PTemp,50)
```

```
ModbusMaster(Com_Ventilador,COM1,9600,Recipiente_cultivo,1,Ventilador,1,1,3,10)  
If (PTemp > TempHigh AND Ventilador = false) Then  
    Ventilador = true
```

```
ModbusMaster(Com_Ventilador,COM1,9600,Recipiente_cultivo,5,Ventilador,1,1,3,10)  
ElseIf (PTemp < TempLow AND Ventilador = true) Then 'True = -1  
    Ventilador = false
```

```
ModbusMaster(Com_Ventilador,COM1,9600,Recipiente_cultivo,5,Ventilador,1,1,3,10)  
EndIf
```

La primera línea de código es un método que registra la temperatura en la variable PTemp. En la figura XX se explica el significado del 50.

```
PanelTemp (PTemp, 50)
Battery (batt_volt
'Se leen los valor
ModbusMaster (Com
ModbusMaster (Com
```

Figura 61. Segundo atributo del método PanelTemp.

El resto de código implementa el diagrama de bloques del algoritmo de control PID de temperatura del cuadro mediante una función If-Else. Hay que hacer un comentario especial haciendo hincapié en que en este editor el valor representativo de TRUE es -1.

## 8.6. Loggernet para dispositivos móviles

Existe una versión de LoggerNet para dispositivos móviles llamada LoggerNet Mobile Connect. Esta versión es una simple y potente herramienta que permite la comunicación con LoggerNet desde cualquier estación de la red, mediante un dispositivo IOS o Android. La aplicación es gratuita y esta disponible en los portales Apple Store y Google Play.

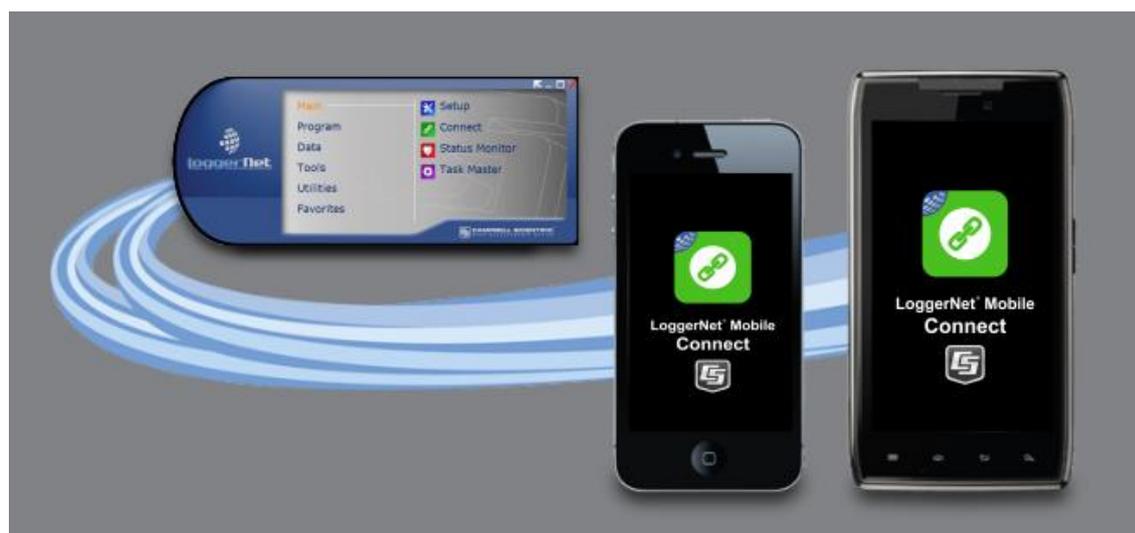


Figura 62. Interfaz APP LogerNet Mobile Connect.

La aplicación LoggerNet Mobile Connect tiene herramientas que permiten interactuar con los dataloggers de la red LoggerNet, a continuación se expone un breve resumen de cada una de ellas:

*Numeric Display*—Se muestran los valores actuales de los registro de cualquier tabla de datos del datalogger. A través de esta herramienta los valores de las tablas se pueden definir, incluyendo los valores del tipo public, numéricos, booleanos y cadenas de texto, y pueden ser cambiados desde el dispositivo móvil.

*Historic Page*—Se muestran los datos históricos de una tabla previamente seleccionada. Se pueden consultar los datos tanto en forma gráfica como en forma tabular, debiendo de seleccionar el campo que interese y rango de datos a mostrar previamente.

*Custom Collect Page*—Se permite la recogida de los datos de una o más tablas del datalogger almacenando la descarga en el dispositivo móvil. Los datos son almacenados en formato TOA5. Una la descarga ha concluido los datos pueden ser visualizados en el propio dispositivo o enviados a un PC.

*Files Page*—Es usado para visualizar y editar los ficheros de las unidades de almacenamiento del datalogger a la vez que permite parar o ejecutar el programa actual del datalogger. Desde esta herramienta se pueden seleccionar las opciones de ejecución del programa.

*Status Page*—Se muestra información relevante del datalogger, como el programa actual en ejecución, errores que hayan podido producirse, el estado de la tarjeta de memoria, el voltaje de la pila interna, la selección de la fecha y hora del datalogger entre otros.

Dependiendo del sistema operativo del dispositivo móvil la transferencia de datos del mismo hacia un PC puede resultar ligeramente diferente.

LoggerNet Mobile Connect soporta la asociación de ficheros para los programas de CRBasic, lo que quiere decir que se puede enviar un fichero de programa como fichero adjunto en un correo electrónico. Una aplicación de compartición de datos tipo Dropbox puede ser usado para transferir ficheros de programa desde el PC a un dispositivo iOS teniendo en cuenta que iTunes es usado por todos los programas de transferencia de ficheros entre el dispositivo y el PC. En cambio todas las transferencias de ficheros entre Android y un PC se llevan a cabo mediante la conexión del dispositivo simulando una unidad de almacenamiento.

## **Diseño y calculo del cuadro de adquisición de datos y control**

*A continuación se exponen los cálculos necesarios para el dimensionado de los diversos sistemas existentes en el cuadro de adquisición de datos y control.*

## **9.1. Consumo energético**

A continuación se expone el consumo energético de los diversos elementos utilizados en el cuadro eléctrico:

Modem COM111:

- Nominal: 5 mA en modo standby (GSM)
- <400 mA on-line, transmitiendo (típicamente 100-200 mA)
- ~ 20-30 mA online en modo GPRS/3G.

Potencia de la bobina EV:

- CA 18 VA (servicio)
- CA 36 VA (punta)
- CC 14 W

Conversor CRS-485:

- Nominal: 1,5W

Datalogger CR300:

- Fuente alimentación: terminales CHG+ y CHG-, 16 – 32 Vdc, Corriente limitada a 0'9 A.
- Bateria externa: terminales BAT+ and BAT-, 10 – 16 Vdc entrada 12 Vdc, típicamente batería ácido-plomo de 7 Ah.
- Potencia requerida:
  - Reposo: 1.5 mA
  - Activo a 1 Hz: 5 mA
- Alimentación por USB: Para programar y con funcionalidades limitadas. Rango de los terminales VX1 – VX2 reducido de 150 a 2500 mV. SW12V no operativo. Salida de los puertos de control a 4.75 V con corriente limitada.

SWIFT:

- Máximo: 4W

Bomba:

- Potencia nominal: 200W

## 9.2. Circuitos eléctricos y protecciones

### Protecciones:

Interruptor automático magnetotérmico 1 polo + neutro, MUN516A 16 A Hager.

Características:

- Poder de corte: 6000 A.
- Tensión de empleo 230/400 V CA.
- Capacidad de conexión: 16mm cable flexible, 25mm cable rígido.
- Certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 60898-1.

Interruptor automático magnetotérmico 1 polo + neutro, MUN510A 10 A Hager.

Características:

- Poder de corte: 6000 A.
- Tensión de empleo 230/400 V CA.
- Capacidad de conexión: 16mm cable flexible, 25mm cable rígido.
- Certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 60898-1.

Interruptor diferencial 1 polo + neutro, CDC748M 40 A Hager.

Características:

- Tipo AC 30mA.
- Tensión empleo 230V CA.
- Capacidad de conexiones: 16mm cable flexible. 25mm cable rígido.
- Certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 61008-1.



Figura 63. Magnetotérmico y diferencial.

## **9.3. Borneros, bases de enchufe y conectores**

### **Borneros:**

Bloque de conexión escalonado 4 polos, CJ100A 100 A Hager.

Características:

- Corriente nominal: 100 A
- Módulos: 4.
- Capacidad de conexiones: 16mm cable flexible. 25mm cable rígido.

Bornero 1 polo, WDU10 57 A Weidmüller.

Características:

- Corriente nominal: 57 A
- Tensión empleo: hasta 1000V
- Capacidad de conexiones: 10mm cable flexible.



Figura 64. Borneros.

Se han utilizado tres borneros WDU10 para realizar la conexión del cuadro con la alimentación externa, uno para una fase, otro para neutro y el restante para la tierra. Ha sido utilizado un módulo del bornero CJ100 para realizar la conexión a tierra de los múltiples dispositivos presentes en el cuadro, los tres módulos restantes se han utilizado para realizar derivaciones de las fuentes de alimentación.

**Bases de enchufe:**

Del fabricante FAMATEL se ha escogido la base de enchufe con referencia 13950. Dispone de 2 polos + TTL (toma tierra lateral) de 16 A, 220V y con IP44.



Figura 65. Bases de enchufe.

Pasamuros USB 3.0 (hembra/macho) forma A cable 1.0m, del fabricante murrelektronic.

Datos técnicos:

- Voltaje: 5V AC/DC
- Corriente máximo: 900 mA
- Designación: USB 3.0 (max. 5 Gbit/s)
- Profundidad de montaje: 70 mm



Figura 66. Pasamuros USB.



Figura 67. Pasamuros USB instalado.

**Conectores:**

Los diversos conectores utilizados se pueden observar en la siguiente figura.



Figura 68. Conectores utilizados.

Prensaestopa:

Prensa PG GADI serie 363 del fabricante Gaestopas

Características:

- Material: PA6 (poliamida 6) libre de alógenos
- Juntas: Neopreno
- Norma: DIN EN50262
- Grado de protección: IP 68, 5 bares
- Temperatura de trabajo: -30 a +80°C
- Temperatura máxima: hasta 120°C



Figura 69. Prensaestopa.

DIMENSIONALES			
PG	Para Cables $\phi$ mm	Ancho de la Llave mm	Longitud de la Rosca mm
PG-7	3-6,5	15	8
PG-9	4-8	19	8
PG-11	5-10	22	8
PG-13,5	6-12	24	9
PG-16	10-14	27	10
PG-21	13-18	33	11
PG-29	18-25	42	11
PG-36	22-32	53	13
PG-42	30-38	60	13
PG-48	34-44	65	14

Tabla 5. Dimensiones prensaestopas.

Conector multipolar:

Conector multipolar cuadrado, hembra y macho, 4 pines + PE (CKF 04 / CKM 04)

Características:

- Corriente de trabajo: 10 A
- Tensión de trabajo: 250 V
- Capacidad de conexiones: 0'75 – 2'5 mm<sup>2</sup>
- Durabilidad mecánica: 500 ciclos



Figura 70. Zocalo recto y cubierta.

referencia	descripción	"tamaño" envoltorio	embalaje
CKF 03	bases - 3 polos + ⊕	"21.21"	10
CKM 03	clavija - 3 polos + ⊕	"21.21"	10
CKF 04	base - 4 polos + ⊕	"21.21"	10
CKM 04	clavija - 4 polos + ⊕	"21.21"	10
CKF 03 N	base - 3 polos + ⊕ negro	"21.21"	10
CKM 03 N	clavija - 3 polos + ⊕ negro	"21.21"	10
CKF 04 N	base - 4 polos + ⊕ negro	"21.21"	10
CKM 04 N	clavija - 4 polos + ⊕ negro	"21.21"	10



Figura 71. Catálogo Gaestopas.

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

Conector células de carga:

Base BHE20C7AQ y clavija CMEP20C7AQ del fabricante UTILCELL

### SERIE PG

Tamaño	PG	L	N	R	V	X	Y	Z	C	F
10	11	65	59	69	54	47	58	60	24	21
20	16	70	65	75	68	62	65	70	32	28
30	21	80	78	85	85	74	75	82	50	42
30	29	83	82	89	89	77	79	85	50	42
40	29	98	95	101	101	88	88	96	60	52
40	36	113	111	117	116	90	104	98	60	52

Tamaño	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	Q	W	AL	AM
10	19	11,5	24	25	24	21	6	2,5	15	16	27	22	26	24
20	24	11,5	32	31	24	28	8	2,5	14	24	27	23	26	35
30	34	13	50	46	24	42	4,5	2,6	17	35	27	24	32	50
40	41	13	60	56	24	52	4,5	2,6	17	45	27	24		

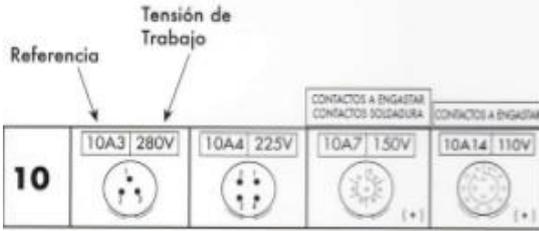
### BASES

Tamaño	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	Q	W	AL	AM
10	19	11,5	24	25	24	21	6	2,5	15	16	27	22	26	24
20	24	11,5	32	31	24	28	8	2,5	14	24	27	23	26	35
30	34	13	50	46	24	42	4,5	2,6	17	35	27	24	32	50
40	41	13	60	56	24	52	4,5	2,6	17	45	27	24		

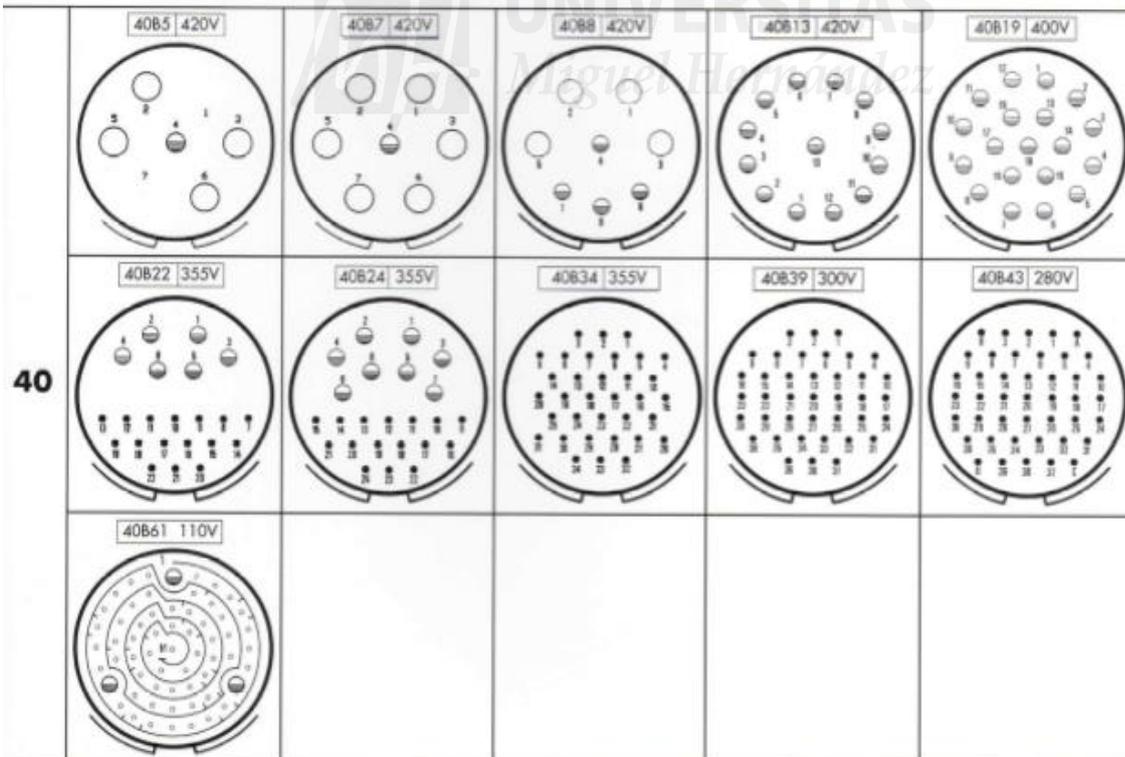
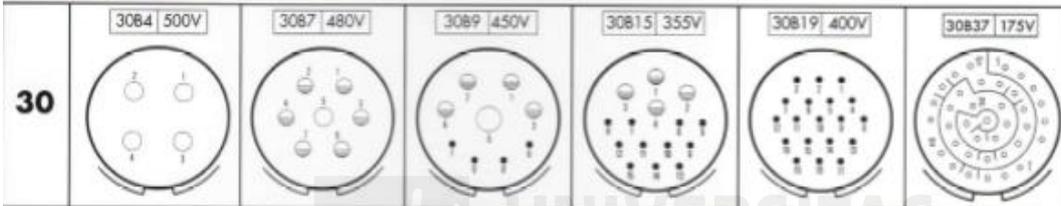
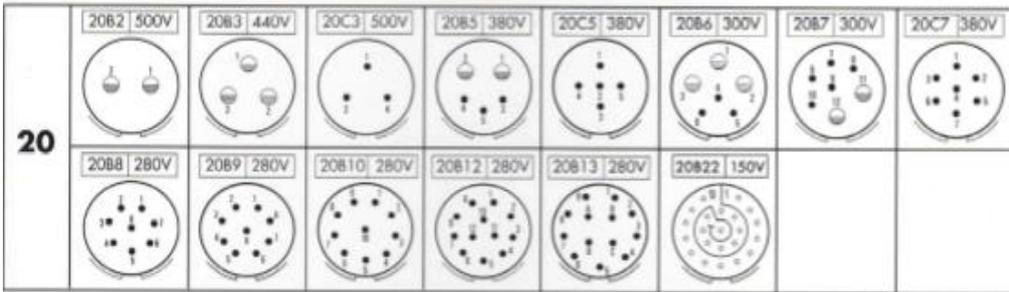
Tamaño	Tipo PG	a min./max. cable	Código
10	11	5 - 10	A
		7 - 12	A
20	16	10 - 14	B
		7 - 12	A
30	21	10 - 14	B
		9 - 16	A
	13 - 18	B	
	12 - 20	C	
40	29	18 - 25	D
		12 - 20	A
40	36	18 - 25	A
		20 - 26	C
		22 - 32	D

92

# DISTRIBUCIÓN DE CONTACTOS

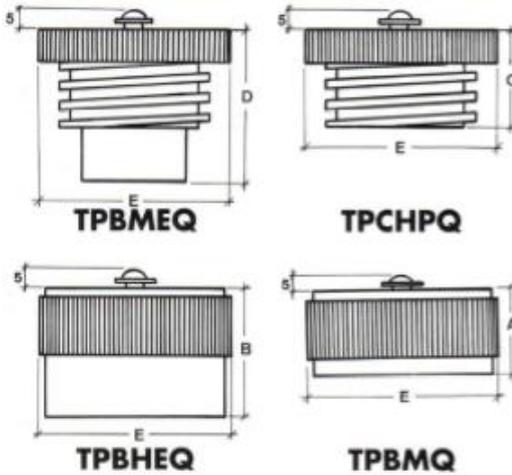


DATOS Y SÍMBOLOS DE LOS CONTACTOS				
CONTACTOS PARA SOLDAR				
☉ contactos macho (mm)	1	1,5	3	5
CÓDIGO	○	●	⊙	⊚
CORRIENTE	7,5 A	10 A	25 A	50 A
CAIDA TENSIÓN (mV)	15	20	12	13
Sección máxima del hilo (mm <sup>2</sup> )	0,75	1,75	5,5	15
Resistencia del contacto < 5 m				

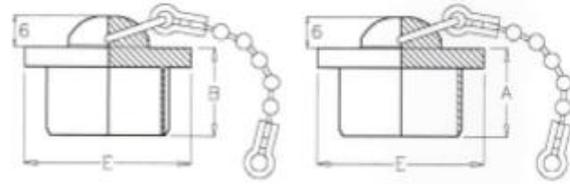


# TAPONES

## TAPONES METÁLICOS



## TAPONES GOMA



## DIMENSIONES TAPONES GOMA

Tamaño	A	B	E	CADENA mm
10	13,1	16,40	22	114
20	18,8	17,70	33	114
30	18,0	18,00	44,80	114
40	18,5	18,00	55	114

## DIMENSIONES TAPONES

Tamaño	A	B	C	D	E
10	12,5	21,5	15	26	24
20	14,5	22	17	26	33
30	14,5	22	17	26	50
40	14,5	22	17	26	60

## FORMA DE REFERENCIAR



## CONEXIONES

SERIE TORNILLO	SERIE ROSCADA	SERIE PG
CH { BM CM	CHR { BM CMR	CHP { BM CMP
CM { BH CH	CMR { BHR CHR	CMP { BHR CHP
CMA BH	CMER { BHE CHER	CMEP { BHE CHEP
CHA BM	CHA BM	CHEP { BME CMEP
CMEA BHE	CHER { BME CMER	CHAP BM
		CMEAP BHE

## MATERIALES:

**CARCASA:** Aleación de Aluminio.

**AISLANTE:** { Termoendurable  
{ (\*) EPDM

**TRATAMIENTO:**

CONTACTO: Latón con tratamiento en plata u oro sobre níquel.  
Serie Tornillos - Estandar Bicromatado.  
Serie Roscada - Estandar Bicromatado.  
Serie PG - Estandar Níquel químico.

CARCASA: { Bajo demanda cualquier serie en: Bicromatado  
Zincado  
Níquel químico

**PRENSAESTOPA:** Poliamida-6.

**ESTANQUEIDAD:**  
(según norma UNE 20324-93 código 2P): Serie Tornillos - Ninguna  
Serie Roscada { Ninguna  
Clavijas bajo demanda - IP 65  
IP 67  
Serie PG - Clavijas - IP 67

## 9.4. Dimensionado del sistema de ventilación

### Funciones de la ventilación

Puede definirse la ventilación como un proceso que sustituye el aire interior de un espacio cerrado, considerado inadecuado por falta de pureza, temperatura no indicada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores características. A las máquinas e instalaciones y procesos industriales la ventilación permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad del aire.

### Tipos de ventilación

- Ventilación por Sobrepresión: Se obtiene introduciendo aire, aumentando la presión interior respecto a la presión atmosférica. El aire entonces se mueve hacia el exterior por alguna apertura. A su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el lugar lleno del aire exterior a menor temperatura.
- Ventilación por Depresión: Se logra colocando el ventilador extrayendo el aire del lugar, lo que provoca que éste quede en depresión respecto de la presión atmosférica. El aire penetra desde fuera por alguna apertura, efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior.

En este caso se ha utilizado ventilación por depresión, de manera que el aire calentado por los diversos dispositivos asciende y es retirado del cuadro por el ventilador, mientras que por la parte inferior el aire exterior a una temperatura más baja entra por la depresión creada. Ya que el ventilador solo se enciende en caso de sobrecalentamiento del cuadro a la hora de calcular el caudal necesario se estima que el aire ha de ser completamente renovado en 10 min, esto implica 6 renovaciones a la hora. El caudal que debe mover el ventilador se puede calcular según define la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal } Q \text{ (m}^3\text{/h)} = V \times N$$

Donde V es el volumen del cuadro y N el numero de renovaciones por hora. El tamaño del cuadro es de 747x536x300 mm, lo que da un total de 0,12m<sup>3</sup>. Por lo tanto el caudal de aire necesario es de 0,72m<sup>3</sup>/h.

## 9.5. Esquema eléctrico con ePlan

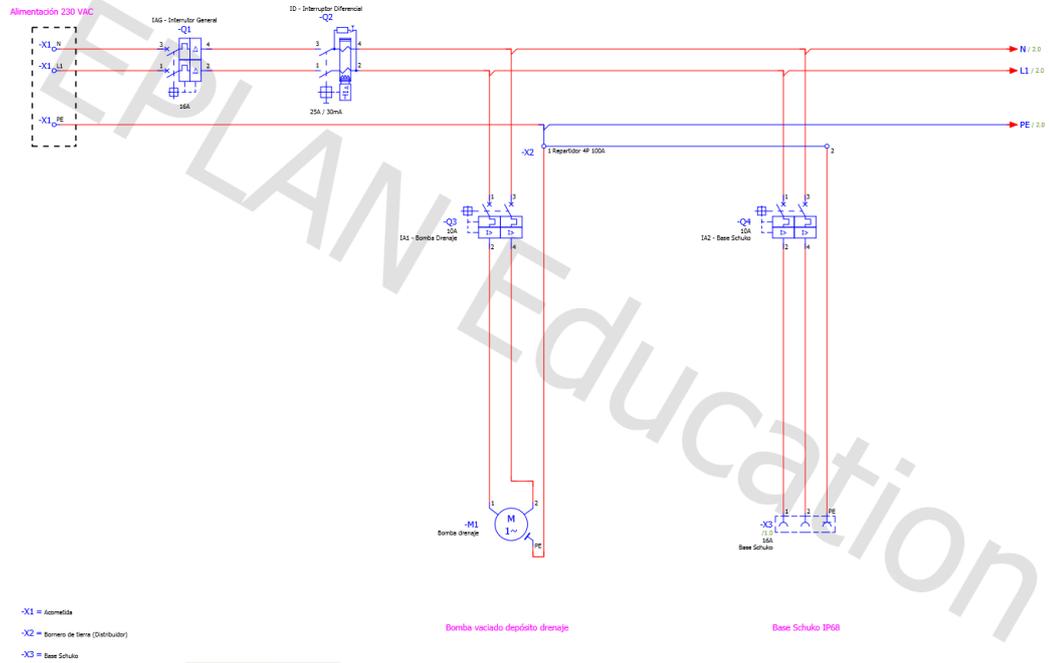


Figura 72. Esquema eléctrico ePlan 1.

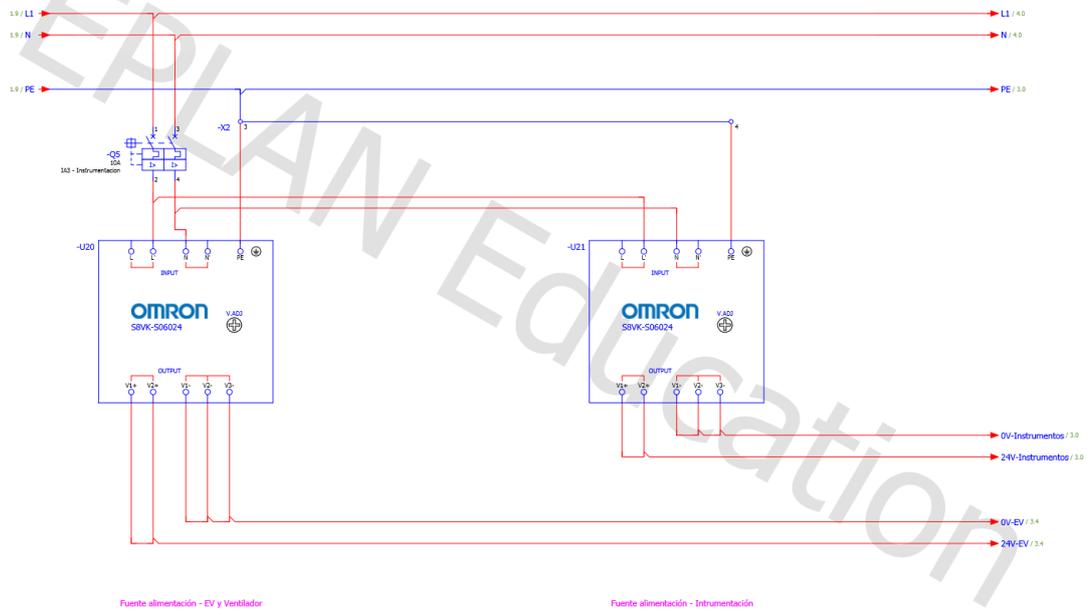


Figura 73. Esquema eléctrico ePlan 2.

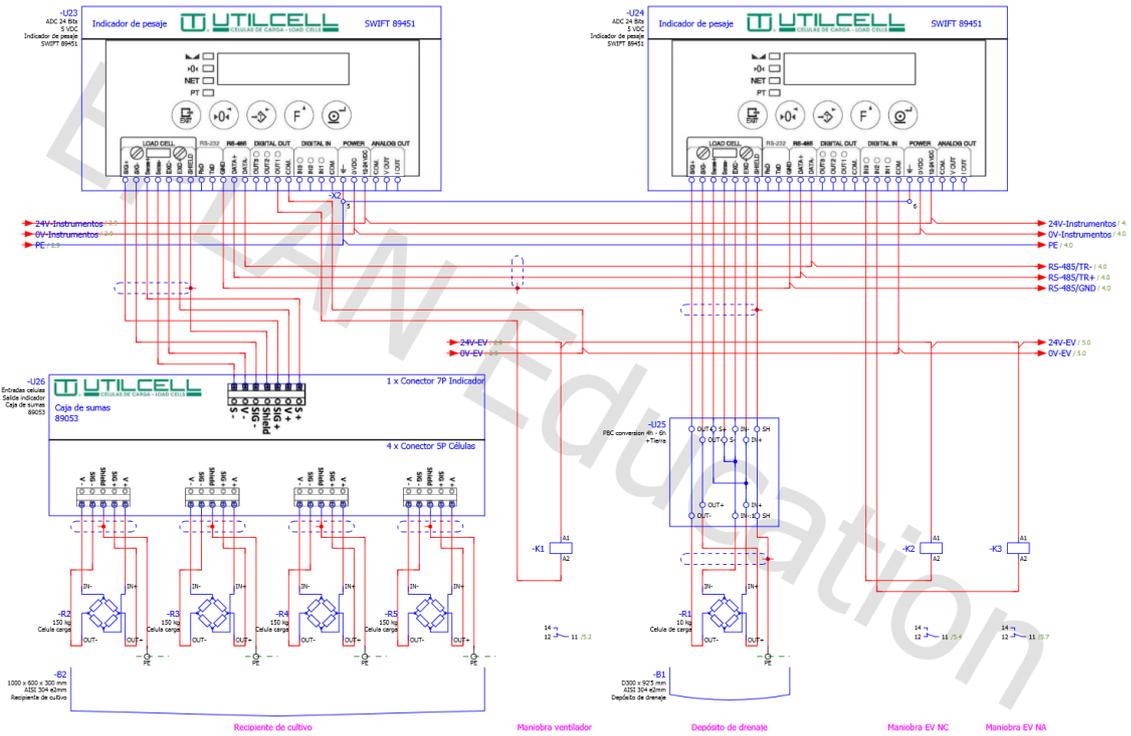


Figura 74. Esquema eléctrico ePlan 3.

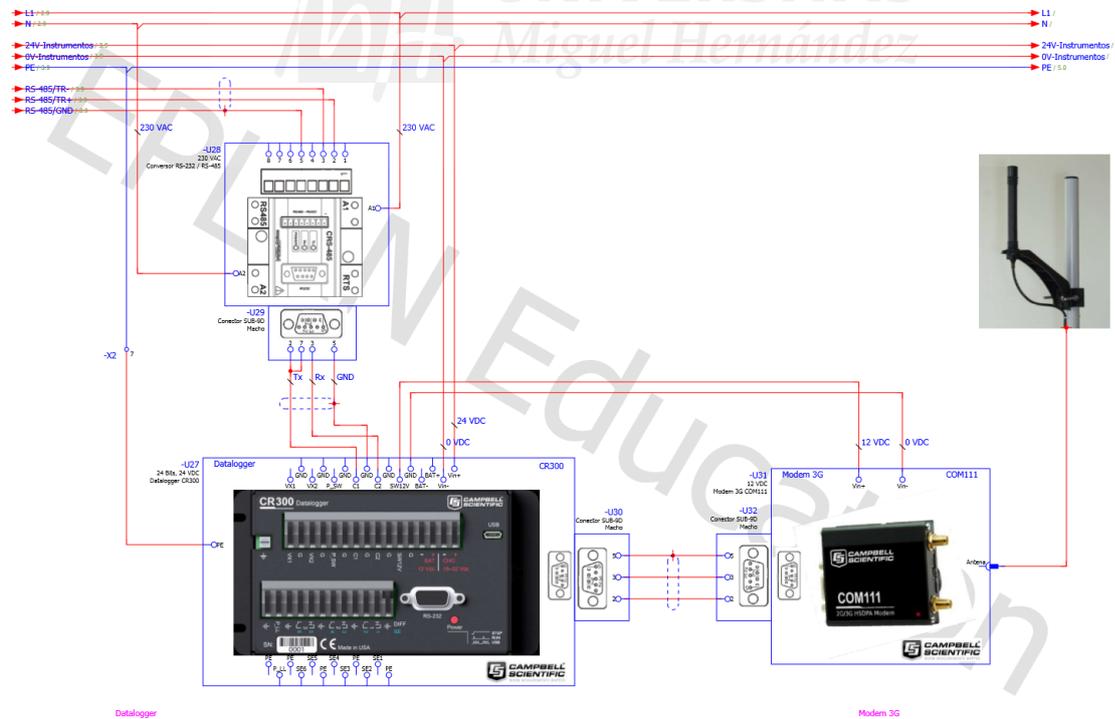


Figura 75. Esquema eléctrico ePlan 4.

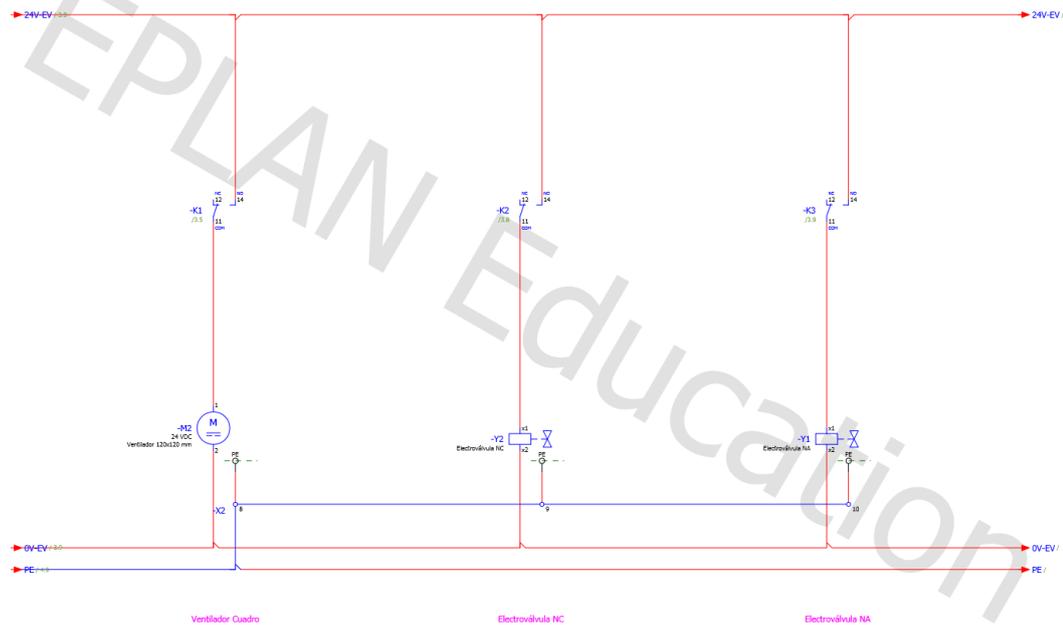


Figura 76. Esquema eléctrico ePlan 5.

## 9.6. Dimensionado del cuadro de adquisición de datos y control

A la hora de escoger el cuadro de adquisición de datos se tuvo en cuenta que en su placa irían 3 borneros pequeños, 1 bornero KJ100A Hager, 4 automáticos, 1 diferencial, 2 fuentes de alimentación, 2 indicadores de pesaje SWIFT, 3 relés, 1 datalogger CR300 y 1 modem. Teniendo en cuenta la superficie que ocupan esos elementos y que la regleta ranurada tiene un ancho de 40mm se optó por una placa de montaje de baquelita de 700x500 mm, por lo que el cuadro correspondiente tiene 747x536x300 mm.



Figura 77. Cuadro eléctrico y placa de montaje.

Una vez finalizado el cuadro de adquisición de datos y control muestra la siguiente disposición sobre la placa de montaje:



Figura 78. Montaje eléctrico realizado.

## **9.7. Mecanizado y montaje del circuito**

Para la realización del mecanizado y montaje del circuito correspondiente al cuadro de adquisición de datos y control se utilizaron las instalaciones de la universidad politécnica de Cartagena, en concreto el laboratorio de agromótica y del mar ubicado en el edificio ELDI (figura 79). En él se dispone de todas las herramientas que fueron necesarias para cada fase del mecanizado y posterior montaje.



Figura 79. Laboratorio de agromótica y del mar.

Primeramente se procedió a montar las regletas ranuradas sobre la placa de montaje, para ello se utilizó una sierra de plástico que disponía de un soporte con ángulos para realizar los cortes de las esquinas. Con un rotulador permanente se marcó donde había que realizar perforaciones para posteriormente hacerlas mediante una taladradora. Para sujetar la regleta ranurada a la placa de montaje se utilizaron 18 remaches de 4x12'7 mm. Utilizando el mismo método y 10 remaches más se fijaron 4 secciones de carril DIN. Antes de realizar el montaje del circuito se procedió a terminar el mecanizado del cuadro eléctrico.

Para ello se utilizó una sierra de calar en las aperturas más grandes, 2 orificios correspondientes a los 2 filtros de aire. El resto de aperturas se realizaron con la taladradora y el uso de varias coronas. Una vez realizados los orificios se procedió a insertar los filtros, el ventilador y el resto de conexiones correspondientes (todas las conexiones van atornilladas al cuadro a excepción de las prensaestopas). A continuación se puede observar el resultado final del mecanizado:



Figura 80. Cuadro eléctrico (invertido).

Para realizar el montaje simplemente se fueron colocando los diversos elementos sobre el carril DIN tal y como se aprecia en la figura 78, a excepción del datalogger CR300 y el modem COM111 que van atornillados.

## 9.8. Cableado y marcado

A la hora de realizar el cableado del cuadro eléctrico se utilizó el cable Afirenas L H07Z1-K (AS) del fabricante Miguelez (figura 81, izquierda). Se utilizaron tres tipos de sección, de  $4\text{mm}^2$  para la acometida, de  $1.5\text{mm}^2$  para el circuito de potencia y de  $1\text{mm}^2$  para el circuito de control. Para seguir la norma IEC 60446 se utilizaron coberturas de los colores pertinentes en cada ocasión. Aparte de este tipo de cable también ha sido necesaria la utilización de un cable USB, entre el CR300 y un conector externo, y un cable de conexión serie, entre el conversor CRS-485 y el CR300.

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*

A la hora de conectar los diversos elementos a través de los cables Afirenas L H07Z1-K se han utilizado punteras aisladas (tanto simples como dobles) del fabricante Gaestopas para evitar contactos indeseados y para proteger la integridad del cable al aislar la conexión.



Figura 81. Cable Afirenas L H07Z1-K y punteras aisladas Erma.

Para realizar el marcado del cableado se han utilizado señalizadores tipo Legrand WIC1 con una sección efectiva de 0'5 a 1'5mm<sup>2</sup>. El numero 1 se ha asignado a la fase, el 2 al neutro y el 3 a la tierra. Según van apareciendo derivaciones se van añadiendo señalizadores a la derecha, por ejemplo el cable de fase (1) que sale del magnetotérmico de la toma de corriente estará marcado con el 1 de fase más otro 1 a su derecha, 1.1 y de la misma manera el cable de fase que sale del magnetotérmico de la bomba estará marcado como 1.2.



Figura 82. Señalizadores tipo Legrand.

## Instalación en campo

*En este capítulo se muestra donde y como se ha realizado la instalación del lisímetro y el cuadro de adquisición de datos.*



## 10.1. Finca de ensayo

El equipo de lisimetría se ha instalado en una parcela experimental ya existente en la finca Las Tiasas (Barrax, Albacete), perteneciente al Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP). Sus coordenadas geográficas son: 2º 5' 10" longitud Oeste, 39º 14' 30" latitud Norte, y su altitud sobre el nivel del mar es de 695 m. La parcela, que tiene una superficie total de 9,68 ha, está equipada con una instalación de riego fijo. En ella se realizan habitualmente diferentes ensayos de programación de riegos.

La finca experimental Las Tiasas cuenta con una estación de lisimetría compuesta de tres equipos de lisimetrías de pesada continua con lectura electrónica de datos, uno de referencia, otro en el que se hace una rotación de cultivos herbáceos y otro permanente de vid, los tres se encuentran rodeados de una parcela de protección cuadrada de una hectárea de superficie. Se utilizará dicha estación de lisimetría como referencia para validar los resultados obtenidos con el prototipo LISITN AC-E1.

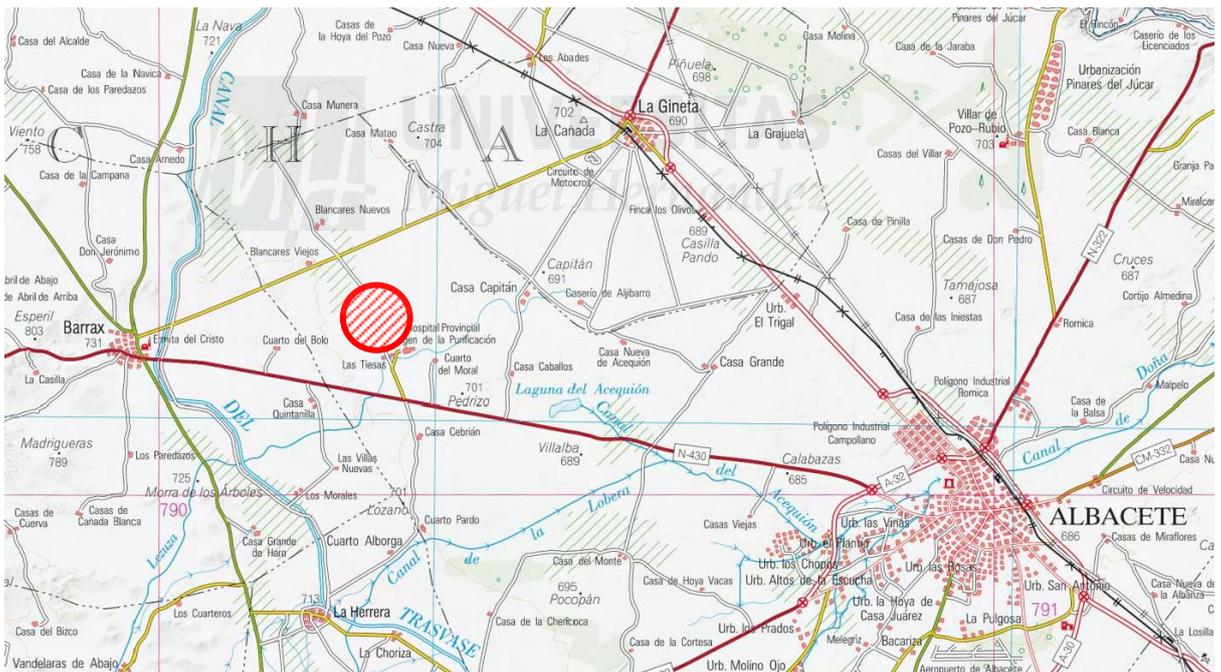


Figura 13. Plano de situación del LISITN AC-E1 en la parcela experimental de la finca Las Tiasas (Albacete, España).





Figura 16. Vista aérea con la localización del LISITN AC-E1 en la parcela experimental de la finca Las Tiesas (Albacete, España).

## **10.2. Instalación del equipo de lisimetría**

### **2.1.1. Apertura de la perforación para el equipo de lisimetría**

Se delimitó la zona a excavar en la parcela, una vez de establecido el marco de plantación. La perforación se realizó con un tamaño de 50 cm superior al contorno del equipo de lisimetría para poder trabajar a su alrededor. El volumen de suelo a extraer es de 3,3 m<sup>3</sup>. La tierra que se fue extrayendo se fue separando por profundidad cada 30 cm. La tierra extraída se fue colocando en zonas convenientemente delimitadas. Los resultados de la excavación muestran un perfil arenoso, bastante compactado a partir de los primeros 40 cm de profundidad. El horizonte de suelo apto para cultivo se encuentra confinado en estos primeros 40 cm.



Figura 17. Perfil de la excavación realizada para la instalación del equipo de lisimetría LP y suelo extraído.

### 2.1.2. Colocación de la base para la transmisión de las cargas al terreno y la estructura para la contención del terreno

La instalación tuvo lugar el 1 de febrero de 2017. Inicialmente se excavó una zanja con una superficie de 2,20 m de largo x 1,85 m de ancho y 0,8 metros de profundidad. Se escavó un foso más pequeño en el interior de esta excavación de 0,6 m de largo x 0,35 m de ancho y 0,3 metros de profundidad para la caja de drenaje.



Figura 18. Fotografía de la instalación del LISITN AC-E1.

Las paredes del equipo de lisimetría se recubrieron con una lámina geotextil no tejida de poliéster de 200 g/m<sup>2</sup> que se utiliza para proteger la impermeabilización de balsas de riego, antes de colocar la protección pesada. Esta lámina no debe ejercer ninguna interacción con el suelo ni el agua, evitando la penetración y adhesión del suelo en las juntas de las distintas partes estructurales durante el relleno y la compactación de la excavación. En caso contrario, se dificultaría la nivelación del contenedor exterior.



Figura 19. Colocación de la lámina geotextil.

### **2.1.3. Estructura interior de apoyo del recipiente de cultivo**

La estructura interior de soporte del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje se coloca sobre la base de asentamiento niveladora. En depósito de drenaje recoge el agua drenada. Sobre esta estructura de soporte están las células de carga del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje.



Figura 20. Depósito de drenaje y recipiente de cultivo.

El sistema de ventilación mediante tubos de PVC rígido evita la condensación en el interior del equipo de lisimetría, en particular, sobre el depósito de drenaje, y por tanto la alteración de las medidas reales del agua drenada.



Figura 21. Sistema de ventilación del equipo de lisimetría.

### 2.1.4. Estructura interior de apoyo del recipiente de cultivo

Una vez instalado el cajón interior sobre la base de asentamiento niveladora se procede a instalar la estructura interior de soporte del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje. En esta estructura de soporte se han instalado las células de carga del recipiente de cultivo y del depósito de drenaje.

Se instala una bomba de succión en el cajón de drenaje y se realiza la conexión a un tubo flexible para poder extraer el agua infiltrada al exterior. Además, se tiende el cable de alimentación de la bomba por el pasatubos para sacarlo al exterior y llevarlo hasta el cuadro de maniobra.



Figura 22. Colocación de la estructura interior de apoyo y de la bomba de succión sumergible.



Figura 23. El depósito de drenaje con el paso del cableado de las células de carga, las electroválvulas y tubo flexible de la bomba a través del orificio de 126 mm.



Figura 24. El cableado interior se fija mediante bridas para evitar el contacto con las células de carga y el depósito de drenaje.



Figura 25. Electroválvula normalmente abierta del recipiente de cultivo.

### **2.1.5. Nivelación y calibración del recipiente de cultivo**

Una vez colocada la bomba de succión sumergible, así como la estructura de apoyo del recipiente de cultivo donde se fijan 5 células de carga., se coloca el depósito de drenaje en su célula de carga y se apoya el recipiente de cultivo sobre las 4 células de carga restantes. Se realiza una inspección visual del interior del equipo de lisimetría para controlar que ningún cable interior entra en contacto con el depósito de drenaje.

Una vez situado el recipiente de cultivo en su posición final, se comprueba la nivelación del mismo y se ajusta hasta su con la ayuda de los tornillos de nivelación. A continuación, se comprueba la calibración de las 5 células de carga situando una pesa de 10 kg sobre cada una de ellas y comprobando que la medida coincide con la registrada en el cuadro de maniobra.



Figura 26. Nivelación y calibración del recipiente de cultivo mediante los tornillos de las esquinas.



Figura 27. Colocación de los tapones y la lámina geotextil.

Una vez finalizada la calibración y nivelación del sistema se colocó en el fondo del recipiente de cultivo una lámina geotextil que se solapa en las paredes, una capa de grava silíceo, redondeada y clasificada de 6- 8 mm, para facilitar el drenaje, y otra capa de geotextil para separar las gravas del material de relleno. Se colocaron perimetralmente cuatro tramos de lámina asfáltica doblados en L, de 25 cm de longitud total, con unos 10 cm en horizontal y los otros 15 cm por debajo del nivel del suelo. La colocación de esta lámina en L evita que el suelo se cuele entre las paredes del contenedor exterior y el recipiente de cultivo, provocando la aparición de interferencias que falsearían los resultados del pesaje.



Figura 28. Geotextil en el fondo del recipiente de cultivo y lámina asfáltica perimetral doblada en L en la parte superior.

### **2.1.6. Llenado del recipiente de cultivo**

Sobre la capa de grava se procede a reconstituir el terreno de cultivo. El proceso de relleno del equipo de lisimetría es muy importante ya que el material de relleno debe asemejarse, en lo posible, al suelo original. La tierra que se fue extrayendo, se fue separando por profundidad cada 30 cm. La tierra con la que se relleno el equipo de lisimetría fue dispuesta en zonas previamente delimitadas. El equipo de lisimetría LISITN AC-E1 se instaló para que la cota superior del recipiente de cultivo quedase al nivel del terreno original.



Figura 29. Equipo de lisimetría LISITN AC-E1 con la grava en el fondo del recipiente de cultivo y durante el proceso de relleno.



Figura 30. Equipo de lisimetría LISITN AC-E1 durante el proceso de relleno y el sellado de la lámina para evitar la entrada de tierra.



Figura 31. Equipo de lisimetría LISITN AC-E1 antes de proceder al relleno de la excavación.

### 2.1.7. Cableado y conexiones exteriores

Finalmente se procedió a colocar una arqueta en la que se realizaron las conexiones de las células de carga y las electroválvulas en la arqueta para su prolongación hasta el cuadro de maniobra. Esta arqueta se situó a una distancia de 1,5 m, determinada por la longitud de los cables de las células de carga, y evitando colocarla muy cerca del equipo de lisimetría para no modificar las condiciones de borde a nivel del terreno. La arqueta se dejó accesible en superficie para realizar labores de control y mantenimiento.

*Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de telegestión, para lisímetros de pesada, basado en dataloggers y comunicación GPRS*



Figura 32. Conexiones de las células de carga y las electroválvulas en la arqueta para su prolongación hasta el cuadro de maniobra.



Figura 33. Paso del cableado hacia el interior del recinto subterráneo del equipo de lisimetría de pesada del ITAP.



Figura 34. Cuadro eléctrico conectado a la corriente. Detalle de las conexiones.

### 2.1.8. Relleno de la excavación

Una vez el sistema ha sido instalado y se ha comprobado que funciona debidamente se procedió con la ayuda de una retroexcavadora al relleno de la excavación. Para ello se utilizó la tierra extraída y clasificada el día de la apertura de la perforación de manera que no se alterase la estratificación del terreno cerca del lisímetro. Como se puede apreciar en las figuras siguientes el nivelado del terreno se realizó a mano, juntamente con la debida señalización.



Figura 35. Relleno de la excavación exterior con ayuda de una retroexcavadora.



Figura 36. El equipo de lisimetría LISITN AC-E1 completamente instalado y señalizado para evitar que el tractor trabaje en esta zona. Al fondo se aprecia la estación lisimétrica del ITAP que se utilizará para validar el prototipo LISITN AC-E1.

### **10.3. Verificación, calibración y puesta en marcha**

Una vez completadas las labores de relleno de lea excavación, se comprueba que los datos se registran de forma correcta en el cuadro de maniobra y en el sistema de adquisición de datos virtual.



Figura 37. Detalle de las conexiones y cuadro eléctrico en funcionamiento.

Transcurridos dos meses de la puesta en marcha del equipo de lisimetría LisiTN AC-E1, el personal encargado de la gestión de los datos informó de unas anomalías que producían una desviación, respecto al valor esperado, al calcular la evapotranspiración del cultivo. Dichas anomalías se producían cuando se conectaba la válvula de vaciado del depósito de drenaje y se comprobó en los registros que se estaba produciendo desde su puesta en marcha. Este tipo de errores se suelen producir cuando se conecta el sistema de medida y la electroválvula a la misma fuente de alimentación.

El de 5 julio de 2017 se realizó una revisión de mantenimiento para corregir las anomalías detectadas. En dicha visita se revisó el equipo de lisimetría y se modificaron las conexiones de modo que el sistema de medida y la electroválvula no estuvieran conectados a la misma fuente de alimentación.



Figura 38. Estado de la plantación sobre el lisímetro. Fecha: 5 de julio de 2017.



Figura 39. Cuadro eléctrico tras la revisión de las conexiones. Fecha: 5 de julio de 2017.

## Resultados y discusión

*En el presente capítulo se recopilan los resultados y se formula una conclusión.*



## 11.1. Lisímetro de referencia

A la hora de poder afirmar que el lisímetro LisiTN AC-E1 es fiable y que sus medidas son realmente correctas se ha realizado un análisis del consumo de agua durante varios meses de éste y de un lisímetro de referencia. Este segundo lisímetro se instaló en la finca de las tiasas perteneciente al ITAP de la manera tradicional, es decir con una obra civil. Para la instalación del LisiTN AC-E1 se aprovechó esta obra al utilizar el espacio subterráneo para la colocación del cuadro eléctrico. A continuación se puede observar el lisímetro de referencia instalado en la finca:



Figura 110. Vista exterior del lisímetro de referencia.



Figura 111. Escaleras de acceso a la instalación del lisímetro de referencia.



Figura 112. Vista inferior del lisímetro de referencia.



## Conclusiones y líneas futuras

*A continuación se exponen las conclusiones a las que se han llegado tras la resolución del proyecto y se indican varias opciones que se podrían realizar en un futuro.*



UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

A continuación se exponen las diversas fases que componen la totalidad del proyecto junto un breve resumen explicando como se llevarón a cabo y se cumplieron los objetivos marcados al inicio.

**Mecanizado del cuadro eléctrico:** La primera fase que particularmente tuve que realizar al unirme al proyecto. Sirvió para coger el ritmo de trabajo y familiarizarme con el entorno. Toda la labor de mecanizado y montaje se realizo apenas sin contratiempos y de manera satisfactoria.

**Conexión células de carga con el indicador de pesaje:** En esta fase se tubieron que soldar multiples conexiones, hecho que produjo ciertos retrasos debido al aprendizaje (habilidad con el soldador) y a equivocaciones al realizar las soldaduras. Una vez se lograron conectar correctamente las células de carga se programó y calibró el indicador de pesada.

**Conexión y programación de los indicadores de pesaje con el datalogger:** Fase que resulto ser muy tediosa debido a que cada vez que se lograba un avance significativo, aparecia un contratiempo importante. En esta fase incluso se llegó a estudiar otras vías de realizar la comunicación, pero al final se lograron solventar todas las dificultades y cumplir con las expectativas.

**Conexión y programación del datalogger con el modem:** Al inicio de esta fase se encontraron grandes problemas que se tuvieron que solventar realizando varias llamadas al servicio técnico y a la compañía telefónica. Una vez solventados la configuración y funcionamiento de la comunicación fue según lo esperado.

**Instalación y verificación del LisiTN AC-E1:** La instalación del lisímetro estaba prevista para una duración de dos días, que debido a un imprevisto evitable se alargó uno día más. Esta fase fue la que mas esfuerzo físico requirió, largos viajes en carretera, pocas horas de sueño y jornadas de Sol a Sol. Finalmente tras terminar la instalación se pudieron obtener, aunque mejorables, buenos resultados.

**Ampliaciones futuras:** Aunque el resultado se podría tachar de éxito al haber cumplido los objetivos siempre hay margen para la mejora. Actualmente se están realizando nuevos diseños de lisímetros, se está trabajando con Arduino para sustituir el costoso Datalogger y se están llevando a cabo pequeñas implementaciones observadas en el trascurso del trabajo. Aparte de realizar modificaciones sobre lo ya recreado también esta en mente el ampliar la telemetría a telecontrol, realizando así pequeñas interacciones a distancia que podrían repercutir enormemente en el valor del proyecto.

## Referencias bibliográficas

*En el último capítulo adjuntan todas las referencias bibliográficas en las que está basado el proyecto.*

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Roma.

Doorenbos, J. Pruitt, W. O. (1977) Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Roma.

[http://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD\\_REAL\\_APARENTE\\_Y\\_POROSIDAD\\_DEL\\_SUELO](http://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_SUELO)

<http://celdasdecarga.blogspot.com.es>

[http://www.delga.com/img/productos/cab\\_3\\_ficha.pdf](http://www.delga.com/img/productos/cab_3_ficha.pdf)

<https://es.wikipedia.org>

<http://www.gaestopas.com/es>

<http://www.infoplcn.net/documentacion/11-instalaciones-cuadros-electricos/1913-cuadros-el%C3%A9ctricos-5-marcaje-de-cables>

<http://www.miguelz.com/>

<http://www.schneider-electric.co.uk/en/>

<http://www.solerpalau.es/es-es/hojas-tecnicas-formacion-la-ventilacion/>

<https://www.utilcell.es/>

<http://afeisa.es/>

<https://www.campbellsci.es/>

<http://catalog.weidmueller.com/>

<http://www.hager.es/>

<https://www.ia.omron.com/>

<http://www.powerplus.es/>

<http://shop.murrelektronik.com/en/Interfaces/Pass-through/>

<http://www.wirelesslogic.com/es>

# **ANEXOS**

*Contenido de varios anexos con información adicional.*



## 1.1. Presupuesto económico

Nombre	Modelo	Empresa	Especificaciones	Cantidad	Precio /u	Precio
Cuadro Electrico	NSYPLM75G	Schneider Electric	Dim: 747x536x300 IP-66-IP10	1	248	248
Placa	NSYMB75	Schneider Electric	Dim: 700x500 SAREL 56735	1	70	70
Bornero	KJ100A	Hager	I=24KA; V=500V; 4x100A	1	28,24	28,24
Bornero	wDU10	Weidmüller	I=47A; V=1000V; Col=Amarillo,Azul,Gris	3	1,76	5,28
Automatico	MUN516A	Hager	I=6KA; C16	1	12,48	12,48
Automatico	MUN510A	Hager	I=6KA; C10	3	1248	3744
Diferencial	CDC748M	Hager	I=40A; In=30mA	1	36,94	36,94
Fuente Alimentación	SBVK-S06024	Omron	I=2,5A; V=24V	2	71,53	143,06
Relé	G2RV-SL700	Omron	V=24V	3	14,56	43,68
Ventilador	D12B05HVS 200	Costech	I=0,32A; V=24V	1	49,97	49,97
Rejilla	RMP 120x120		Col=Plateado	1	2,24	2,24
Filtro	AG12U	Lotec	Dim: 150x150	2	14,21	28,42
SWIFT	RaIFRS	Utilcell	V=10-28V; P=4w; Class III	2		0
Datalogger	CR300series	Campbell Scientific	I= 0,3; V=16-32	1		0
Conversor	CRS-485	Afeisa	V=230AC	1		0
Modem	Com111	Campbell Scientific	I=400mA; V=5-32V	1		0
Toma corriente	13950	Famatel	V=16-250AC	1	4,87	4,87
Toma USB	4000-73000-0160000	Murr Elektronik	1m cable USB 3.0	1	42,12	42,12
Prensaestopa	PG21	Gaestopas	Acometida; Caja empalmes EV	4	1,55	6,2
Prensaestopa	PG16	Gaestopas	Caja empalmes bomba	2	1,05	2,1
Prensaestopa	PG13,5	Gaestopas	Antena	1	0,91	0,91
Prensaestopa	PG3	Gaestopas	Caja empalmes celula 5	2	0,47	0,94
Caja de empalmes	ENM05005	Schneider Electric	Electrovalvulas	1	6,29	6,29
Caja de empalmes	ENM05004	Schneider Electric	Bomba	1	3,4	3,4
Caja de empalmes	ENM05003	Schneider Electric	Celula 5	1	2,04	2,04
Sumador	89053	Utilcell	Celulas 1-4	1		0
Arqueta	B53030	Jardibric	12"	1	38,41	38,41
Conexión hembra	CKF041	Gaestopas	Conexión EV y Bomba	2	2,93	5,86
Conexión macho	CKM04VG	Gaestopas	Conexión EV y Bomba	2	4,77	9,54
Clavija	CMEP20C7AQ	Utilcell	Conexión células de carga	2		0
Base	BHE20C7AQ	Utilcell	Conexión células de carga	2		0
Manguera eléctrica	RV-K 0,6/1KV 3G1,5	Kema Keur	Bomba + EVNA + EVNC (22+3+3)	28m		
Manguera eléctrica	RV-K 0,6/1KV 4G1,5	Kema Keur	Manguera eléctrica EV	25m		
Manguera eléctrica	89009(20m)-89010(100m)	Utilcell	Manguera eléctrica Celulas de carga (1m conectores)	51m		
Bomba	PDW67900	Powerplus Water	V=230AC; P=200W; Q=3500L/h	1	36,95	36,95
EVNA	RD262	m8m	electroválvula normalmente abierta	1		0
EVNC	D886	m8m	electroválvula normalmente cerrada	1		0
Celula de Carga	300	Utilcell	Capacidad nominal = 10Kg	1		0
Celula de Carga	300	Utilcell	Capacidad nominal = 150Kg	4		0
Marcador	WIC1	HellermanTyton	S=0,5-1,5mm <sup>2</sup>	2		0
Marcador	WIC2	HellermanTyton	S=1,5-2,5mm <sup>2</sup>	1		0
Tira Zack			Borneros de entrada	6		0
Canaleta ranurada	40x40	Hager	Placa	2,62m		
Tapa canaleta	40x15	Hager	Placa	2,62m	3,22	8,4364
Remache	4,0x12,7	Smartool Technic	Canaleta + Carril DIN (18+10)	28	0,024	0,672
Arandela	4	Standers	Remaches	28	0,152	4,256
Tornillo+Tuerca	3x10	Standers	Datalogger + COM111 (3+2)	5		0
Arandela	3	Standers	Datalogger + COM111 + Base + Zocalo + T. Corriente (3+2+8+4)	21	0,145	3,045
Tornillo+Tuerca	3x16	Standers	Base + Zocalo + Toma Corriente (8+4+4)	16		0
Tornillo	3,5x50	Standers	Ventilador	4		0
Tornillo	4x20	Standers	Filtro	8		0
Peine Bipolar	404938E	Legrand	S=10mm <sup>2</sup>	22cm	14,96	3,2912
Cable	Afirenas-L H07Z1-K 1x4	Migueloz	Col=Azul	45cm		
Cable	Afirenas-L H07Z1-K 1x4	Migueloz	Col=Negro	45cm		
Cable	Afirenas-L H07Z1-K 1x4	Migueloz	Col=Amalverde	13cm		
Cable	Afirenas-L H07Z1-K 1x1,5	Migueloz	Col=Azul	2,4m		
Cable	Afirenas-L H07Z1-K 1x1,5	Migueloz	Col=Negro	2,4m		
Cable	Afirenas-L H07Z1-K 1x1,5	Migueloz	Col=Amalverde	2,3m		
Cable	Afirenas-L ES05Z1-K 1x1	Migueloz	Col=Rojo	7,1m		
Cable	Afirenas-L ES05Z1-K 1x1	Migueloz	Col=Negro	6,7m		
Cable	Afirenas-L ES05Z1-K 1x1	Migueloz	Col=Gris	3,1m		
Puntera	TE-0,25	Erma	0,25	61		0
Puntera	TE-0,5	Erma	0,5	4		0
Puntera	TE-1	Erma	1	39		0
Puntera	TUO-2x1	Erma	2x1	4		0
Puntera	TE-1,5	Erma	1,5	24		0
Puntera	TUO-2x1,5	Erma	2x1,5	6		0

Tabla 7. Presupuesto

## **1.2. Mantenimiento del equipo**

Tanto el lisímetro como los diversos dispositivos utilizados y sus conexiones requieren de un mantenimiento apropiado para su correcto funcionamiento y para alargar la vida útil de los mismos.

Lisímetro:

Es aconsejable que tras finalizar una cosecha, antes de la siguiente siembra, se realice una comprobación del sistema de medida, recalibrando si fuese necesario el sistema utilizando la base de asentamiento niveladora.

Modem COM111 y datalogger CR300

Periodicamente (al menos una vez al año) revisar si existe desgaste o algún daño, incluyendo corrosión, estrés mecánico, cables raídos, abrazaderas sueltas, hermeticidad de los cables, etc. y llevar a cabo las acciones correctoras necesarias. También es importante revisar las conexiones eléctricas a tierra.

Convertor CRS-485

El CRS 485 no precisa ningún tipo de mantenimiento especial. En las revisiones, los puntos que se deben comprobar son:

- Al dar tensión al CRS-485 se debe encender el led POWER.
- Los leds Ts y Rx indican la transmisión y recepción de datos por el puerto RS232.
- Para la limpieza del frontal es suficiente utilizar un trapo humedecido con agua y jabón neutro.

Indicador de pesada SWIFT

Para realizar una limpieza de mantenimiento hay que tener en cuenta:

- Desconectar el dispositivo de la alimentación antes de realizar ninguna modificación externa.
- Limpiar el indicador con un paño limpio y seco. (Alcohol y productos similares podrían dañar el dispositivo)