



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Eléctrica**

**Monitorización en tiempo real de  
seguidores solares fotovoltaicos en doble  
eje**

**Autor:**

**Gómez Garzón, Silvia Rosario**

**Tutor:**

**Pérez García, Julián Manuel  
Departamento Ingeniería Eléctrica**

**Valladolid, Febrero de 2016.**



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# Agradecimientos

A mi tutor, Julián Pérez, por su tiempo, dedicación y todo lo aprendido durante la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

A Obratel y MVScada, por ofrecerme la oportunidad de realizar este Trabajo de Fin de Grado y vivir esta nueva experiencia que me ha ayudado a poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el Grado. Ha sido un placer trabajar durante estos meses con vosotros.

A mis padres, por su apoyo, comprensión y cariño durante estos años y por darme la oportunidad de poder realizar estos estudios.

A mi hermana Elena, por estar siempre ahí, en los buenos y malos momentos, y por hacerme comprender que con esfuerzo y paciencia se puede conseguir cualquier meta.

A Christopher, por apoyarme y haber estado a mi lado todos estos años.

Al resto de mi familia, por apoyarme durante todo este camino.

A mis Ingenieras y demás amigos, por hacer más llevaderos los años de estudio, sin vosotros habría sido más duro.





## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



### Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado documenta la monitorización y control de los seguidores solares de doble eje de las instalaciones fotovoltaicas de Obratel Construcciones y Servicios S.L., empresa dedicada al mantenimiento de plantas solares fotovoltaicas, integradas en el sistema web MVScada. MVScada registra los datos de los equipos, permitiendo ver resúmenes de la producción, incidencias, alarmas. También muestra gráficos que permiten analizar y estudiar el comportamiento de las instalaciones detectando fallos y averías. Además, podemos visualizar los parámetros eléctricos y posición de los seguidores de doble eje en tiempo real. Para ello, se implementarán en las plantas una serie de dispositivos que recibirán los datos de las series de seguidores y enviarán los datos a la página Web automáticamente. También se podrán enviar órdenes de posición a los seguidores.

### Palabras clave

Monitorización, Arduino, XBee, Aplicación Web, Seguidores solares.

### Abstract

This project documents the monitoring and control of the double axis of the Obratel Construcciones y Servicios S.L. solar photovoltaic trackers, company dedicated to the maintenance of solar photovoltaic plants, integrated in the web system MVScada. MVScada records the equipments data, allowing you to see the production summaries, incidents, alarms. It also shows graphics that allow to analyze and study the performance of installations by detecting failures and faults. In addition, we can visualize the electrical parameters and position of the trackers of dual-axis in real time. For that, it will be implemented in plants a series of devices which receive data from the series of trackers and will send the data to the website automatically. Also position orders can be sent to trackers.

### Keywords

Monitoring, Arduino, XBee, Web Application, Solar Tracker.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# Índice de contenidos

<b>Introducción. Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1. Fundamento teórico. ....</b>	<b>15</b>
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Introducción a la energía solar fotovoltaica .....	17
1.3. Efecto fotoeléctrico.....	20
1.4. Tipologías de sistemas fotovoltaicos .....	21
1.4.1. Instalaciones aisladas.....	21
1.4.2. Instalaciones conectadas a red .....	21
1.5. Seguidor solar .....	23
1.6. Sistemas de control y monitorización de plantas solares fotovoltaicas .....	26
1.7. Arduino .....	34
1.7.1. El entorno de desarrollo .....	37
<b>Capítulo 2. Desarrollo e implementación. ....</b>	<b>39</b>
2.1. Introducción.....	41
2.2. Arduino Nano.....	43
2.2.1. Entradas y salidas.....	43
2.3. XBee .....	44
2.3.1. Comunicación XBee.....	45
2.3.2. Arquitectura básica de una red XBee.....	45
2.3.3. Software para configurar .....	46
2.4. XBee Pro 63 mW wire antenna series 2B.....	47
2.5. Conexiones de Arduino y XBee .....	49
2.6. Fritzing.....	50
2.7. Implementación .....	52
2.8. Pruebas .....	55
2.9. Funcionamiento del programa .....	61
<b>Capítulo 3. Análisis económico.....</b>	<b>67</b>
3.1. Introducción.....	69
3.2. Coste de materiales .....	69



3.3. Valor actual neto (VAN).....	71
3.3.1. Valor actual neto para una planta con cuatro seguidores de cabecera.....	71
3.3.2. Valor actual neto para una planta con 30 seguidores de cabecera .....	73
3.4. Pay-Back descontado (PB*).....	74
3.4.1. Pay-Back descontado para una planta con cuatro seguidores de cabecera... 74	
3.4.2. Pay-Back descontado para una planta con 30 seguidores de cabecera. ....	75
3.5. Tasa interna de retorno (TIR) .....	75
3.5.1. Tasa interna de retorno para una planta con cuatro seguidores de cabecera. .....	75
3.5.2. Tasa interna de retorno para una planta con 30 seguidores de cabecera. ....	75
<b>Capítulo 4. Manual de Usuario. ....</b>	<b>77</b>
Introducción .....	79
<b>Sección 1. Términos y definiciones. ....</b>	<b>81</b>
<b>Sección 2. Estructura de la Web.....</b>	<b>85</b>
2.1. Inicio .....	88
2.2. Admin .....	89
2.2.1. Usuarios.....	90
2.2.2. Plantas .....	91
2.2.3. Instalaciones.....	91
2.2.4. Resúmenes .....	92
2.2.5. Mini Pc.....	93
2.2.6. Datos CSV .....	93
2.2.7. Contador GSM .....	93
2.2.8. Contador TCP.....	94
2.2.9. Accesos.....	94
2.2.10. IEC 870-5-120 .....	95
2.2.11. XBee.....	95
2.2.12. Seguidores.....	96
2.3. Plantas.....	98
2.4. Graficas.....	101
2.4.1. Gráficas.....	101
2.4.2. Configuración .....	102
2.4.3. Tickets.....	102



2.4.4. Pantallas .....	103
2.4.5. Informes .....	103
2.4.6. Inventario .....	103
<b>Sección 3. Creación de objetos.....</b>	<b>107</b>
3.1. Usuarios .....	109
3.2. Plantas.....	109
3.3. Instalaciones .....	110
3.4. Contador GSM.....	111
3.5. Contador TCP .....	112
3.6. Seguidores.....	112
<b>Sección 4. Funcionamiento diario.....</b>	<b>115</b>
4.1. Centro Control .....	117
4.2. Propietarios.....	117
<b>Capítulo 5. Conclusiones. ....</b>	<b>121</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>125</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>127</b>





## Introducción. Objetivos.

El presente Trabajo de Fin de Grado documenta el desarrollo y la implementación de un sistema, formado principalmente por Arduino y XBee, para una correcta monitorización de todas las plantas solares de Obratel Construcciones y Servicios S.L. Obratel es una empresa dedicada al mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de plantas solares fotovoltaicas, y a la construcción de infraestructuras fotovoltaicas, solares y térmicas. También se encarga de la gestión de licencias y certificados que necesitan renovar dichas plantas.

Este sistema está dividido en dos partes. Una de ellas es la implementación de un mini pc en la caseta de comunicaciones de la planta solar. En estas pequeñas casetas se encuentra un router para internet, la antena de internet, la instalación de las cámaras, es decir, todo lo relacionado con el tema de comunicaciones. Por otra parte, está el montaje que va implementado en cada seguidor de cabecera de las plantas, que será el encargado de pedir los datos a los seguidores y guardarlos.



El adecuado desarrollo de las energías renovables y la ruptura de las barreras tecnológicas que disminuyen su crecimiento pasan inevitablemente por un buen conocimiento de sus características de funcionamiento. Es necesario poder analizar con precisión el comportamiento de los sistemas de generación renovables, así como su interacción con el sistema eléctrico en distintas condiciones de operación.

Por ello se ha diseñado un sistema de monitorización capaz de medir las variables eléctricas y mecánicas de plantas solares fotovoltaicas. Este diseño se ha materializado en dos partes por cada planta o huerto: uno de los equipos es común para todo el huerto y el otro es para cada serie de seguidores.

Lo que queremos con esta nueva página web es visualizar en tiempo real los parámetros eléctricos y la posición de cada seguidor, de esta forma se puede comprobar rápidamente si hay alguna anomalía. Cuando se producen dichas anomalías o alarmas la página nos manda un aviso al correo electrónico.

A día de hoy, la monitorización resulta imprescindible para poder gestionar sistemas (de todo tipo) de una forma segura y eficiente. Con la aparición de equipos de bajo coste que pueden llevar a cabo esta tarea de manera sencilla y sin muchos recursos, es necesario conocer sus aplicaciones, prestaciones y limitaciones que pueden tener para elegir adecuadamente cuál es apto y cuál no para cierto sistema.

La llegada de soluciones “hardware” asequibles al bolsillo de cualquiera ha hecho posible montar, automatizar y configurar todo un sistema bajo la dirección de una única plataforma, de forma sencilla y eficiente.

Con la aparición de soluciones basadas en Arduino y Raspberry Pi es posible desarrollar un proyecto de sistemas embebidos, tan demandado en estos momentos, con poco desembolso. Estos dispositivos ofrecen una solución eficaz para tareas sencillas e incluso algunas más complejas, todo depende de los módulos utilizados y la programación a desarrollar. Las herramientas necesarias para llevar a cabo proyectos de este tipo están al alcance de todos y requieren poca curva de aprendizaje, ya que están diseñados para usuarios tanto noveles como profesionales.

Desde su creación y puesta en producción, estas dos plataformas (en concreto) han tenido una gran acogida. Arduino porque facilitó el desarrollo de microcontroladores en entornos universitarios a un bajo coste, y Raspberry Pi porque desde sus inicios estaba diseñada para alentar a los más jóvenes a empezar a programar.

Otra parte importante del proyecto es la comunicación entre los distintos componentes. Para evitar tender una red de cableado entre cientos de



seguidores, MVScada ha creado una red mallada basada en radio por XBee. La cobertura de esta red es de más de 3 km de diámetro.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es documentar la construcción de un equipo de monitorización aplicado a un sistema fotovoltaico para controlar en tiempo real los parámetros eléctricos y mecánicos de los seguidores solares de doble eje de Obratel.

Obratel divide las plantas en dos grupos: Plantas pequeñas y plantas grandes. En las plantas pequeñas sólo se va a cambiar la programación del autómatas, mientras que en las grandes se necesita un montaje con nuevos “aparatos”. Esta es la parte que se ha documentado, el montaje y funcionamiento de lo que se va a instalar en cada seguidor de cabecera de las plantas “grandes”.

Anteriormente, la comunicación con los seguidores era a través de un módem con una tarjeta SIM que tenía unos costes mensuales. Además, para ver las posiciones se necesitaba meter unos códigos para cada seguidor, esperar que conectara con la planta y recibir el dato.

Con el nuevo sistema se omiten los módems, y con ello los costes mensuales, y la visualización va a ser mucho más clara, sin necesidad de meter códigos como hacían antes. De un vistazo van a poder comprobar que las producciones están bien, que han leído todos los contadores, alarmas, tiempo que queda para realizar mantenimiento preventivo y revisiones en cada planta.

El diseño y la programación de los equipos de monitorización lo ha realizado MVScada, empresa dedicada a la monitorización de plantas solares fotovoltaicas.

El presente Trabajo de Fin de Grado se ha dividido en cinco capítulos.

En el capítulo uno se ha realizado un estudio teórico sobre las energías renovables y el estado del arte de las tecnologías que guardan relación con el Trabajo, como los sistemas de control y monitorización de plantas solares, y, principalmente, Arduino.

El capítulo dos se ha dedicado al desarrollo, procedimientos e implementación del sistema en las plantas solares fotovoltaicas. También se han examinado las comunicaciones, con XBee, y se ha realizado una breve explicación del programa informático de Arduino, con el que funciona el sistema.

En el capítulo tres se ha realizado un análisis económico, en el que se comprueba que el proyecto es rentable para cualquier instalación de Obratel, desde la más grande a la más pequeña.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



El capítulo cuatro consiste en un manual de usuario de la página web, en el que se explica detalladamente el funcionamiento de ésta para que en las oficinas de Obratel puedan trabajar más fácilmente.

Por último, el capítulo cinco se ha dedicado a recoger las conclusiones a las que se han llegado con la realización de este trabajo.



# Capítulo 1.

## Fundamento teórico.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





## 1.1. Antecedentes

Obratel es una empresa dedicada al mantenimiento de plantas solares y necesita supervisar en todo momento las producciones y posiciones de los seguidores solares, teniendo un programa informático que les realiza esta supervisión. Este programa sólo funciona ciertas horas del día y cada vez menos porque es un programa bastante antiguo y no puede con toda la carga que se le pide. Con esto no se pueden leer todas las producciones diarias, ni cambiar las posiciones de los seguidores, es un problema en la oficina ya que no se pueden supervisar correctamente todas las plantas solares. Por otra parte, los clientes ven que no hay producciones de sus plantas y llaman a la oficina para comprobar que está ocurriendo con ellas, aunque en realidad las plantas están produciendo correctamente ya que se puede supervisar desde otros programas informáticos.

Teniendo en cuenta todo eso, Obratel ha tenido que buscar soluciones y ha encontrado a MVScada. Después de varias reuniones, decidieron que realizaran el trabajo. Éste consiste en una página Web donde pueden ver producciones, posiciones, viento y otros parámetros eléctricos, como tensión y corriente.

Ya que van a cambiar todo, aprovechan para sustituir los módems, con su tarjeta que hay que pagar todos los meses, que hay en los seguidores de cabecera para leer los parámetros. Se va a sustituir por un pequeño montaje, con un Arduino y una antena XBee. Para poder comunicar y enviar los datos recogidos en cada instalación, se ha realizado un montaje con un mini pc que irá albergado en una caseta situada en la instalación donde se ubica todo lo relacionado con el tema de comunicaciones, como un router o las instalaciones de las cámaras.

## 1.2. Introducción a la energía solar fotovoltaica

El aprovechamiento de la energía solar consiste en captar por medio de diferentes tecnologías la radiación del Sol que llega a la Tierra con el fin de emplear esa energía para diferentes aplicaciones.

Los dos aspectos fundamentales que pueden captarse por medio de la energía solar son calor y electricidad. El calor se capta mediante los captadores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos.

El elemento básico de una planta solar fotovoltaica es el conjunto de células fotovoltaicas, que captan la energía solar, transformándola en corriente eléctrica continua mediante el efecto fotoeléctrico, que se explicará a continuación. Están integradas en paneles fotovoltaicos.

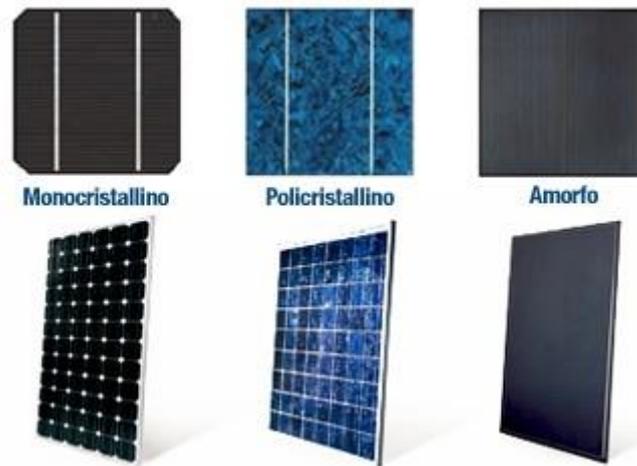


Figura 1.1. Tipos de celdas solares.

La corriente continua generada en los paneles solares debe ser transformada a corriente alterna por medio de un inversor. Posteriormente, la energía eléctrica producida pasa por un centro de transformación donde se adapta a las condiciones de intensidad y tensión de las líneas de transporte para su consumo.

El potencial solar de España es el más alto de Europa debido a su privilegiada situación y climatología. La energía solar es una de las fuentes de energía renovable que más desarrollo está experimentando en los últimos años y con mayores expectativas de futuro. Cada año, el Sol arroja sobre la Tierra cuatro mil veces más de energía de la que se consume anualmente en nuestro planeta, lo que demuestra que esta fuente energética está aún infrutilizada.

Queda demostrado que el aprovechamiento del Sol no es exclusivo de zonas con alta radiación solar: Alemania, a pesar de contar con poca radiación solar, es el país con más instalaciones solares de toda Europa, con alrededor del 62% de toda la potencia instalada en el continente.

Como consecuencia de lo comentado, es lógico pensar en aprovechar dicha energía gratuita, limpia e inagotable por todos los medios posibles y permitir así una liberación de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o simplemente agotables. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones como, por ejemplo, la reducción notable de radiación solar en invierno.

La electricidad generada por medio de una instalación fotovoltaica puede ser inyectada a la red general, obteniendo una buena rentabilidad económica en función de las políticas establecidas en cada país, ya que cada



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



vez más países priman tanto a los pequeños como a los grandes productores de electricidad fotovoltaica, dado el beneficio que aporta para el medio ambiente. Durante el año 2008, España se convirtió en el primer mercado fotovoltaico del mundo, con más de 2.500 MW instalados, superando con ello a Alemania, tradicional líder internacional en implantación de la energía solar. Sin embargo, a diferencia de lo ocurrido en Alemania, el crecimiento en España no se ha producido de un modo sostenible.

A partir de 2010, España ha pasado de estar a la cabeza de Europa en el desarrollo de instalaciones fotovoltaicas a situarse en cola. En 2014, se instalaron en España sistemas con capacidad de generar 22 MW, lo que sitúa a nuestro país muy lejos de la capacidad de producción de las naciones europeas punteras en el desarrollo de sistemas renovables, como se puede comprobar en la figura 1.2.

El motivo fue el borrador del Real Decreto sobre autoconsumo propuesto en 2013, conocido como impuesto al sol, que ha paralizado las iniciativas individuales y asociativas en este sector.

Actualmente, nuestro país está a la espera de una inminente regulación definitiva en la materia que termine de perfilar la actual normativa.

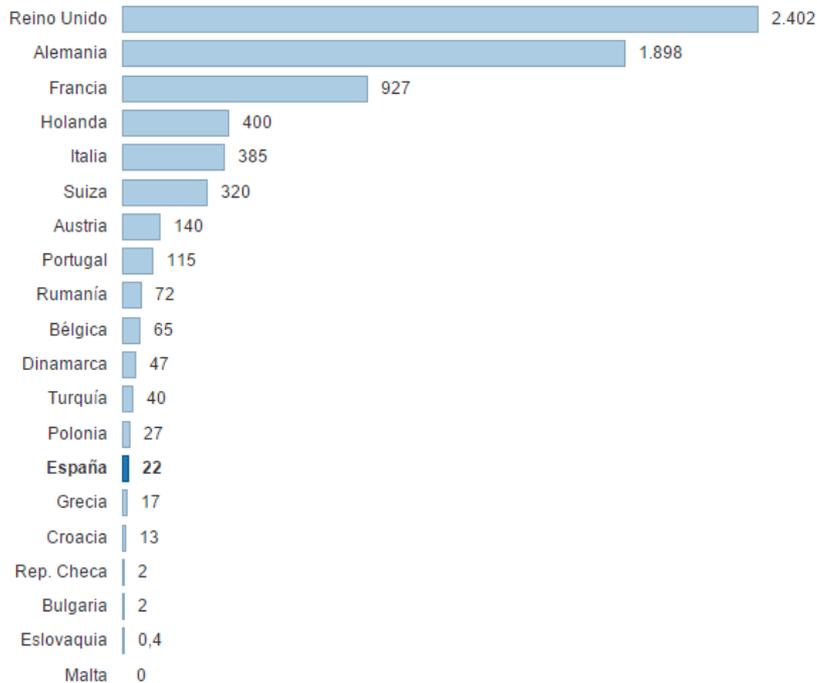


Figura 1.2. Potencia instalada en Europa en 2014.



### 1.3. Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico (también denominado en ocasiones fotovoltaico) es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. La luz solar puede entenderse como compuesta por fotones, o partículas energéticas. Dependiendo de las longitudes de onda del espectro solar, los fotones tienen distintas energías asociadas.

Cuando la luz incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones pueden ser reflejados, absorbidos y, en ocasiones, incluso atravesar el laminado fotovoltaico sin generar ninguna interacción, siendo los absorbidos los únicos que pueden llegar a producir electricidad.

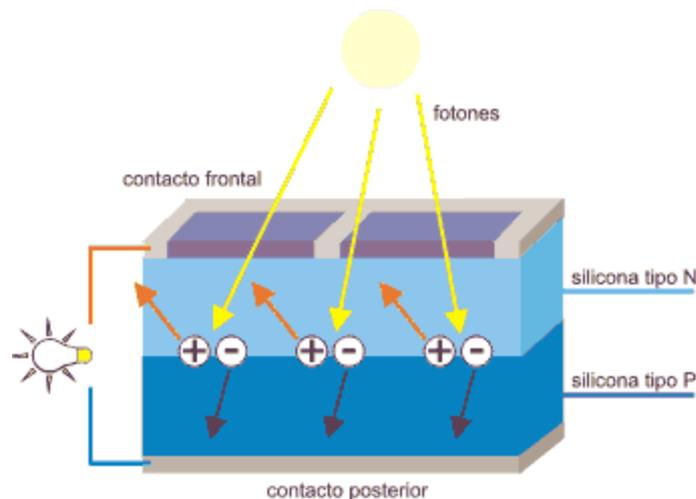


Figura 1.3. Efecto fotovoltaico.

La célula fotovoltaica es un dispositivo que convierte directamente la luz solar en electricidad. Se basan en el anteriormente citado efecto fotoeléctrico, se fabrican de materiales especiales llamados semiconductores, tales como el silicio. Cuando la luz solar choca en la célula, una cierta porción de ella es absorbida dentro del material semiconductor provocando que se liberen electrones dentro del material. Al desprenderse estos electrones con su carga negativa (N) originan la aparición de huecos o lagunas con cargas positivas (P). Como los electrones tienden a concentrarse de lado de la placa donde incide la luz solar, se genera un campo eléctrico con dos zonas bien diferenciadas: la negativa, en la cara iluminada donde están los electrones, y la positiva, en la cara opuesta donde están los huecos o lagunas. Si ambas zonas se conectan eléctricamente mediante conductores adheridos a cada una de las caras de la placa, el desequilibrio eléctrico origina una fuerza electromotriz o diferencia de potencial, creando una corriente eléctrica para igualar las cargas. Dicha corriente, obviamente continua, se genera en un proceso constante mientras actúe la luz solar sobre la cara sensible de la lámina.



## 1.4. Tipologías de sistemas fotovoltaicos

La energía generada a raíz del efecto fotoeléctrico puede ser utilizada de dos formas, mediante instalaciones aisladas o instalaciones conectadas a red.

### 1.4.1. Instalaciones aisladas

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas, mediante subsistemas de acumulación de energía.

Durante las horas de insolación, los paneles fotovoltaicos producen energía eléctrica en forma de corriente continua que es almacenada en los acumuladores. En los momentos de consumo energético, los acumuladores suministran a los receptores esta electricidad, que es transformada en corriente alterna por el inversor.

Este tipo de instalaciones son usados habitualmente en viviendas unifamiliares en zonas rurales, instalaciones agrícolas o, incluso, comunidades de vecinos.



Figura 1.4. Instalación fotovoltaica aislada.

### 1.4.2. Instalaciones conectadas a red

En ellas, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

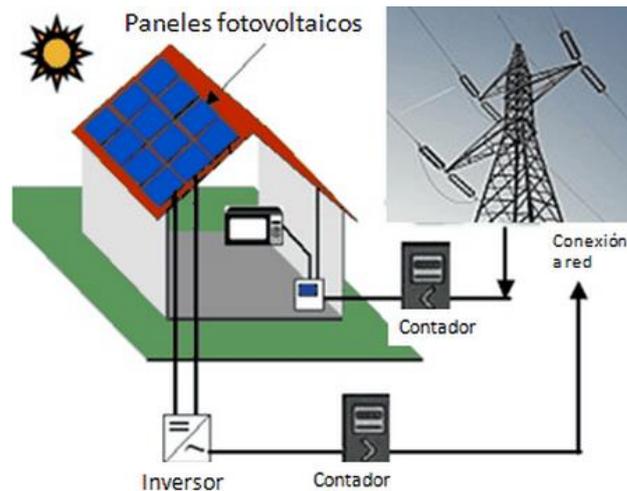


Figura 1.5. Instalación conectada a red.

Cabe destacar:

- **Centrales fotovoltaicas y huertos solares:** recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de uno o diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la que se haya establecido en contrato. Cada instalación tiene su propietario, pero todas se ubican en el mismo sitio, esto posibilita mejoras en el mantenimiento, seguridad, etc.
- **Edificios fotovoltaicos:** es una de las últimas aplicaciones desarrolladas. La rápida evolución ha permitido el uso de módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran valor visual. Además, es muy adecuado para la generación de electricidad en zonas urbanas. La mayoría de estos sistemas han sido integrados en tejados, porque es allí donde se alcanza la máxima captación de energía solar.



## 1.5. Seguidor solar

Un seguidor solar es un dispositivo formado básicamente por una parte fija y una móvil, cuya finalidad es el aumento de la captación de radiación solar, para lo cual cuenta con una superficie de captación que debe permanecer lo más perpendicular posible a los rayos del sol, dentro de su rango de movimiento.

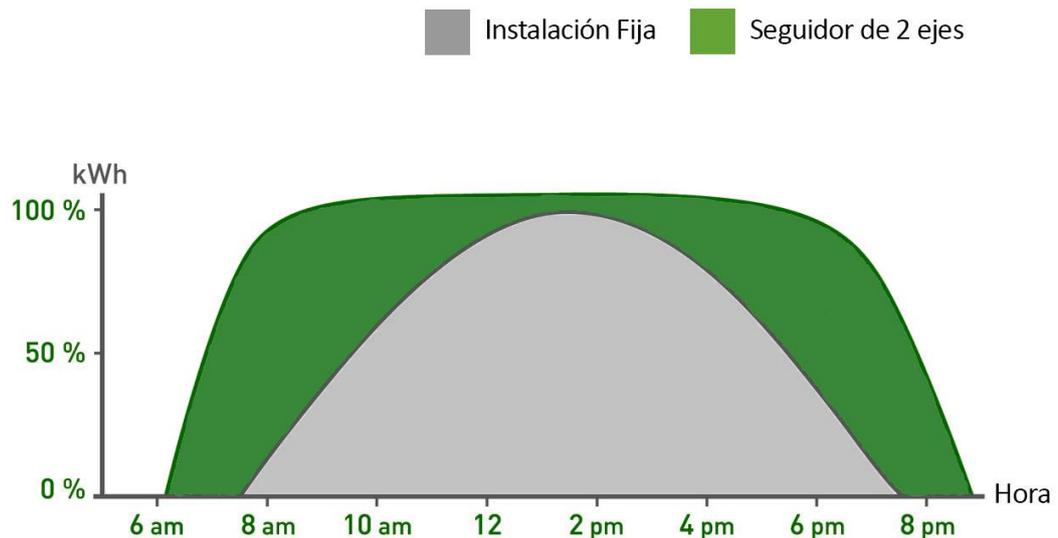


Figura 1.6. Comparación de tipos de instalaciones.

Pueden ser clasificados según el tipo de movimiento que realizan y según el algoritmo de seguimiento.

Según el tipo de movimiento:

- Seguidor de un eje polar: la superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al sol.
- Seguidor de un eje azimutal: la superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al sol.
- Seguidor de un eje horizontal: la superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al sol.
- Seguidor de dos ejes: este tipo de seguidor cuenta con dos grados de libertad y está en capacidad de realizar un seguimiento total del sol, tanto en inclinación como en azimut.



Según el tipo de algoritmo de seguimiento:

- Según la luminosidad: basa su funcionamiento en la señal entregada por uno o varios sensores, dependiendo de dicha señal se envía un comando de control a uno o varios motores para que se posicionen en el punto más adecuado de luminosidad.
- Con programación astronómica: el seguimiento depende de una serie de ecuaciones que predicen la ubicación del sol en cualquier momento.

Los seguidores donde se va a instalar el montaje son de Pevafersa, empresa privada dedicada al sector de las energías renovables, y todos de doble eje. Estos seguidores están divididos en cuatro partes:

- **Electricidad:** Cada seguidor tiene unos 10 paneles por fila y 5 filas, es decir, 50 paneles de 35-37 V y 8-8,5 A. Los paneles de las filas van conectados en serie y cada fila en paralelo. Va conectado al inversor, que necesita unos 470 V para empezar a funcionar, por medio de unos fusibles.

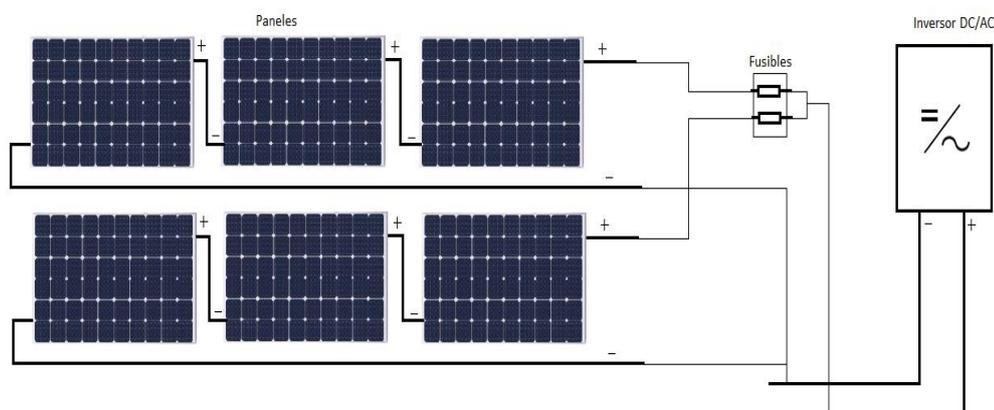


Figura 1.7. Esquema conexión paneles.

- **Electrónica:** Tienen un PLC con la programación astronómica conectado a dos baterías de 12 V en serie para que si se queda sin corriente siga mandando órdenes al seguidor. Tiene entradas (encoder para el giro, encoder para la elevación, anemómetro) y salidas (motores). Para mandar órdenes a los motores necesita un relé, ya que el PLC no va a tener fuerza para activar un motor. Al lado del PLC tienen un MK 30, contador monofásico, que es el encargado de leer en continua. También tienen unos botones para girar, elevar y poner de forma automática manualmente.



- Mecánica: Estos seguidores tienen cuatro patas con ruedas y una columna que soporta casi todo el peso. También tienen unos brazos llamados botellas para que el seguidor suba y baje. Alguno tiene una quinta pata para que cuando haya mucho aire el seguidor no vuelque.
- Hidráulica: El seguidor se mueve por medio de una bomba hidráulica de aceite y dos motores. Uno de los motores está en una rueda y hace que el seguidor gire para un lado u otro. Mientras que el otro motor se encuentra en una botella para subir y bajar.



Figura 1.8. Seguidor de Pevafersa.

Los seguidores solares están organizados por series, cada serie tiene un seguidor de cabecera con un autómata programable, donde está implementada la programación astronómica para que los seguidores estén en todo momento en la posición donde el sol incide de forma perpendicular. Estas series pueden estar formadas desde un solo seguidor hasta doce seguidores, en el caso de Obratel. Cada planta puede tener varias series de seguidores.



## 1.6. Sistemas de control y monitorización de plantas solares fotovoltaicas

Para poder controlar de forma eficiente una planta de energía solar se necesita un sistema capaz de adquirir y tratar los datos necesarios para poder detectar una anomalía de manera rápida y sencilla, ya que el mínimo fallo conlleva una menor producción de energía y si perdura puede tener consecuencias económicas mayores.

Hay un cambio radical que está sucediendo en el mundo del microcontrolador: todo se está haciendo inalámbrico. Una gama de shields y tarjetas se jactan de contar con Wi-Fi, celular GSM, bluetooth de bajo consumo y otras capacidades inalámbricas.

Anunciado en 2013, Arduino Yun es la primera de una serie de tarjetas embebidas de Linux bajo el nombre Arduino, y viene con Wi-Fi integrado. Se puede programar de forma remota a través de Wi-Fi o con el cable USB. Además, también se han asociado con la API Temboo para acceder a datos de Twitter, Facebook, Foursquare, Paypal, y mucho más. Esta tarjeta embebida agrupa Linux, Arduino y shield Wi-Fi.



Figura 1.9. Arduino Yun.

La Geogram One es una placa compatible con Arduino destinada a aplicaciones de rastreo. Tiene integrado tanto un módem celular GSM como un receptor GPS.

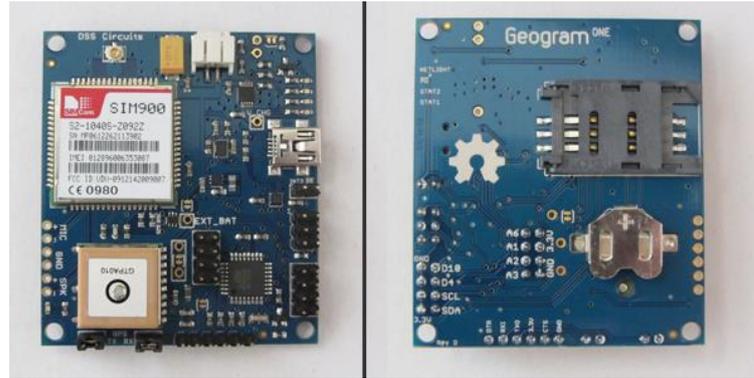


Figura 1.10. Geogram One.

La llegada de BLE (bluetooth low energy) ha cambiado el campo de juego para la conexión inalámbrica en dispositivos embebidos. Uno de los proyectos que trabajan para producir una de estas tarjetas es BLEduino.

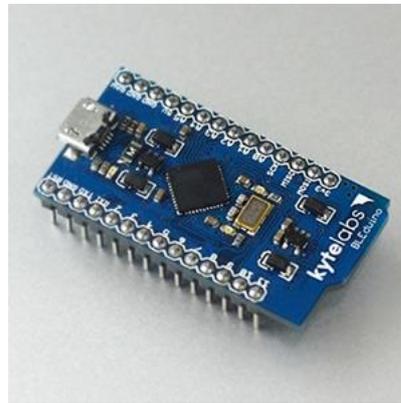


Figura 1.11. BLEduino.

Por otro lado, si se necesita cubrir una gran área geográfica con una red inalámbrica, una red en malla es una solución ideal. Cada tarjeta se comunica con todas las tarjetas vecinas, transfiriendo los paquetes. Una de estas tarjetas es Pinoccio con capacidad Wi-Fi adicional por medio de un shield. Otra tarjeta es XBee que requiere poca configuración para trabajar y además tiene dos formas de comunicación (Modo AT y Modo API).

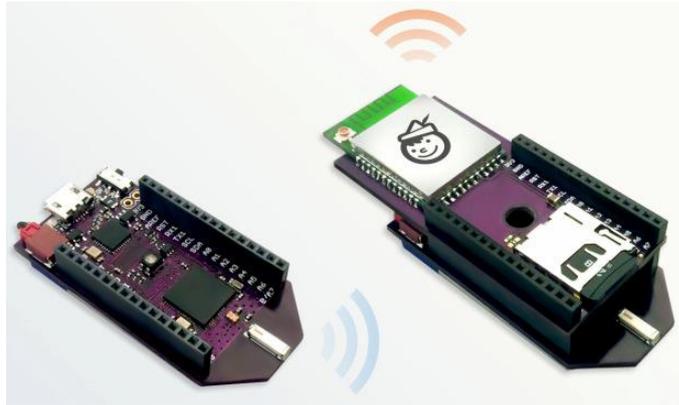


Figura 1.12. Pinoccio.

Después de ver la variedad de comunicaciones inalámbricas que poseen este tipo de hardware, voy a hablar de los propios microcontroladores.

La historia del microcontrolador comercial comienza, posiblemente, en 1971, con la llegada del Intel 4004 de 4 bits. Fue el segundo CPU completo de un solo chip de la historia, y el primero en estar disponible comercialmente.

Pero fue el microcontrolador PIC de Microchip Technology, que data de 1975, el que se convirtió en la columna vertebral del mercado de los “makers” durante muchos años, debido a una combinación de factores que incluyen bajo costo, fácil disponibilidad, y la proliferación de herramientas de programación libres. El PIC es un MCU (unidad completa de microcontrolador) con procesador incorporado, memoria y entradas/salidas programables.

De vez en cuando una pieza de tecnología puede convertirse en una palanca que mueve el mundo. El Arduino es una de esas palancas.

Empezó como un proyecto para dar a los artistas el acceso a los microprocesadores embebidos para proyectos de diseño interactivo. Arduino permite la creación de prototipos electrónicos rápidos y baratos. Éste convirtió lo que solían ser problemas de hardware bastante difíciles, en problemas de software mucho más simples.

El verdadero poderío de Arduino no está realmente en el hardware, sino en el software, el IDE de Arduino. Si bien hay muchas otras plataformas que ofrecen una funcionalidad similar, el Arduino ha logrado, de mejor manera, empaquetar los complejos y desordenados detalles de la programación de microcontroladores, en un paquete fácil de usar. Esto ha dado lugar a muchos imitadores y derivados, y a una enorme comunidad.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Figura 1.13. Arduino UNO.

Como he mencionado anteriormente, después del éxito de Arduino comenzaron a surgir imitadores. Tessel destaca como punto de partida.

A pesar de que tiene un enfoque diferente, Tessel es realmente una continuación de la idea de Arduino, tarjetas que se pueden programar de manera que son familiares para los desarrolladores de software en lugar de los de hardware. El sistema operativo de Tessel es un intérprete de JavaScript y es compatible con la API de Node.js (es un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, de código abierto, para la capa del servidor basado en el lenguaje de programación ECMAScript).



Figura 1.14. Placa Tessel.



Otras alternativas a Arduino son:

- BeagleBone: Es un mini ordenador basado en Linux del tamaño de una tarjeta de crédito, el cual puede ejecutar un sistema operativo como Ubuntu o Android. Puede utilizar lenguajes de programación de alto nivel como C++, Java y Node.js. El modelo BeagleBone Black dispone de una memoria RAM de 512 MB, acelerador gráfico 3D, conexión Ethernet, HDMI y un puerto USB.

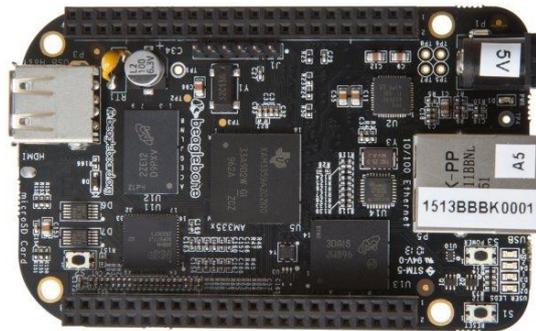


Figura 1.15. BeagleBone Black.

- Raspberry Pi: Como el anterior, es un miniordenador que puede trabajar con sistemas basados en Linux y se está trabajando para que funcione con Windows 10. También puede utilizar lenguajes de programación de alto nivel como C++, Java y Python. El modelo Raspberry Pi 2 model B tiene una memoria RAM de 1 GB, acelerador gráfico 3D, cuatro puertos USB, HDMI, Ethernet y un “slot” para una tarjeta micro SD.



Figura 1.16. Raspberry Pi 2 model B.

- Gizmo 2: Se trata del miniordenador de AMD, el cual trabaja con Windows y Linux. Dispone de una memoria RAM de 1 GB, el chip gráfico es un Radeon HD 8210E, incluye un puerto HDMI, un conector mSATA, un puerto Ethernet, un “slot” para una tarjeta Micro SD, dos puertos USB 3.0 y dos puertos USB 2.0. Este miniordenador es el único que requiere disipador.



Figura 1.17. Gizmo 2.

- MinnowBoard: Miniordenador de Intel, el cual trabaja con Debian, Windows, Android y es compatible con el proyecto Yocto (proyecto que proporciona plantillas y otras cosas para crear un Linux personalizado). El modelo BinnowBoard MAX dispone de una memoria RAM de 1 GB, puerto HDMI, un conector SATA, un puerto Ethernet, un “slot” para una tarjeta Micro SD, un puerto FTDI, un puerto USB 3.0 y un puerto USB 2.0.

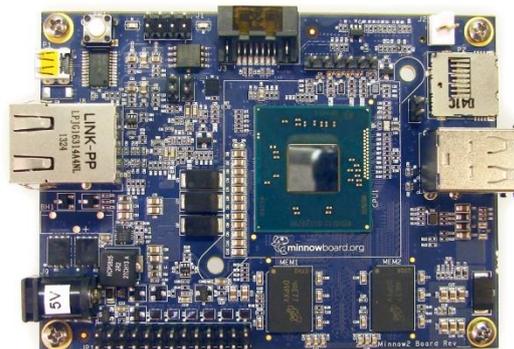


Figura 1.18. MinnowBoard MAX.

Como se puede observar, estas cuatro alternativas a Arduino cuentan con un sistema operativo propio, además de ser miniordenadores.

Probablemente el miniordenador más comparado a Arduino es la Raspberry Pi porque pueden parecer muy similares e incluso es posible que se haya asumido que este par de plataformas de hardware compiten para resolver problemas parecidos, aunque en realidad son muy diferentes. Básicamente la diferencia está en que Arduino es una microcontroladora y Raspberry Pi es un microprocesador.

El microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado programable y se destina a gobernar una sola tarea con el programa que reside



en su memoria. Sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar.

El microcontrolador está formado por un microprocesador y el conjunto de subsistemas que normalmente requiere un microprocesador: memoria volátil (cálculo temporal), memoria no volátil (donde almacena el programa), entrada y salida.

Un microprocesador es un dispositivo integrado digital capaz de interpretar y ejecutar un conjunto secuencial de instrucciones (programa). Básicamente contiene circuitos electrónicos que realizan operaciones aritméticas, lógicas y de control. Se trata de un sistema muy complejo, por eso debe ir integrado en chips.

Los microprocesadores no trabajan solos, sino que forman parte de un sistema mayor. El microprocesador es el “cerebro” o parte inteligente de este sistema.

Como herramientas de enseñanza, Arduino y Raspberry Pi son adecuadas para principiantes, hasta que se examina su hardware y software es cuando se hace evidente que están orientadas a diferentes tipos de proyectos.

	Arduino UNO	Raspberry Pi B
Tamaño	7.6 x 1.9 x 6.4 cm	8.6 x 5.4 x 1.7 cm
Memoria	0.002 MB	512 MB
Velocidad de reloj	16 MHz	700 MHz
On Board Network	Ninguna	10/100 wired Ethernet RJ45
Multitarea	No	Sí
Voltaje de entrada	7 a 12 V	5 V
Memoria Flash	32 KB	Tarjeta SD (2 a 16 GB)
Puertos USB	Uno	Dos
Sistema Operativo	Ninguno	Distribuciones de Linux
Entorno de desarrollo integrado (IDE)	Arduino	Scratch, IDLE, cualquiera con soporte Linux

Tabla 1.1. Comparación Arduino UNO y Raspberry Pi.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



El precio y el tamaño son comparables, ya sabíamos que Raspberry Pi y Arduino eran pequeñas y baratas. Lo que hay en su interior es lo que las distingue.

La Raspberry Pi es 40 veces más rápida que un Arduino cuando se trata de velocidad de reloj. Además, RPi tiene 128.000 veces más memoria RAM. La Raspberry Pi es una computadora independiente que puede ejecutar un sistema operativo real en Linux. Puede realizar varias tareas, soportar dos puertos USB y conectarse de forma inalámbrica a Internet.

Puede parecer que Raspberry Pi es superior a Arduino, pero eso es sólo cuando se trata de aplicaciones de software. La simplicidad de Arduino hace que éste sea una apuesta mucho mejor para proyectos de hardware.

El Arduino IDE es mucho más fácil de usar que Linux. Por ejemplo, si quieres escribir un programa para hacer parpadear un LED con Raspberry Pi, necesitarás instalar un sistema operativo y algunas librerías de código. En Arduino, puedes obtener una luz LED parpadeando con tan solo ocho líneas de código.

Raspberry Pi puede procesar varias tareas, éste puede ejecutar múltiples programas en segundo plano mientras está activado. Por otro lado, puedes dejar un Arduino conectado, ya que lleva a cabo un proceso único por un largo periodo de tiempo, y desconectarlo cuando no lo estés utilizando.

El Arduino es más simple, más difícil de “dañar” y tiene muchos más recursos de aprendizaje para los principiantes. Con la Pi hay que aprender un poco de Linux, así como programación. El Arduino funciona con cualquier ordenador y puede funcionar con una batería. También puedes encenderlo y apagarlo de forma segura en cualquier momento. La configuración del Pi se puede dañar por desconectarlo sin un apagado adecuado.

Mientras que la Raspberry Pi brilla en la aplicación software, el Arduino hace que los proyectos de hardware sean muy simples.

En este caso, lo que mejor se adapta a las necesidades es el Arduino, porque no se necesita tanta memoria y velocidad de reloj como ofrece Raspberry Pi, ni la multitarea. Por otra parte, con Arduino no se necesita tarjeta SD y solo se va a usar un puerto USB. Además, Arduino es más fácil de manejar y programar.

Se ha elegido el modelo Arduino Nano por su pequeño tamaño y teniendo en cuenta que la memoria es suficiente.



## 1.7. Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de hardware libre basada en una placa con un microcontrolador Atmel AVR encargado de dirigir los puertos de entrada/salida.

El AVR es un procesador con arquitectura Harvard. Esto quiere decir que los dispositivos de almacenamiento para instrucciones y datos están físicamente separados.

El proyecto Arduino surgió como un proyecto para estudiantes en el instituto IVREA, en Ivrea (Italia). Poco a poco ha surgido una legión de seguidores de esta plataforma de hardware abierto, debido principalmente a su sencillez y a la multitud de tareas que puede desarrollar.



Figura 1.19. Logotipo Arduino.

El número de bits, la velocidad y la memoria disponible de este microcontrolador parecen ser los de una micro-computadora de inicios de los años ochenta. Sin embargo, no hay que perder de vista que los microcontroladores se utilizan principalmente en sistemas embebidos, por ejemplo, dentro de electrodomésticos, automóviles, aparatos médicos y juguetes. Típicamente, estos sistemas no necesitan la velocidad ni la cantidad de memoria de una computadora convencional.

Las ventajas más relevantes de Arduino son las siguientes:

- Coste reducido: Las tarjetas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas basadas en microcontroladores. Los módulos de expansión pueden ser incluso diseñados y montados a mano, o ser adquiridos ya montados.
- Multiplataforma (Cross-Platform): El software de Arduino puede ejecutarse en Windows, Linux y Mac.
- Entorno de desarrollo sencillo y claro: El Arduino IDE, es accesible para programadores no experimentados y suficientemente flexible y potente para usuarios avanzados.



- Software de código abierto: El entorno de programación se distribuye de forma gratuita y está disponible el código fuente para ser modificado por usuarios avanzados.
- Hardware de código abierto: Las tarjetas Arduino están basadas en los microcontroladores Atmel Mega. Estas están licenciadas de forma pública de forma que los diseñadores electrónicos más experimentados pueden crear sus propias versiones, extendiendo sus capacidades y mejorando sus características. Incluso usuarios relativamente inexpertos, podrían construir sus diseños en una placa prototipo sin soldadura para comprobar cómo funcionan las Arduino Boards.

Existe una gran variedad de placas Arduino:

- Arduino UNO: Es la última versión de la placa Arduino USB básica. Tiene un ATmega328, consta de 14 pines de entrada/salida de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM, 6 entradas analógicas, una velocidad de reloj de 16 MHz y un conector ICSP (In Circuit Serial Programming).
- Arduino Leonardo: Es una placa basada en el microprocesador ATmega32u4. Cuenta con 20 pines de entradas/salidas digitales de los cuales 7 se pueden utilizar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, un conector de alimentación, un puerto ICSP y un botón de “reset”.
- Arduino Duemilanove: Versión anterior de Arduino Uno, presenta pocas diferencias con ese modelo. Basada en ATmega168 o ATmega328. Tiene 14 pines con entradas/salidas digitales (6 de ellas pueden ser usadas como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un reloj de 16 MHz, conexión USB, entrada de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de “reset”.
- Arduino Diecimila: Versión anterior a Duemilanove. Es una placa microcontroladora basada en el chip ATmega168. Tiene 14 entradas/salidas digitales de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un reloj de 16 MHz, conexión USB y botón de “reset”.
- Arduino Nano: Una placa compacta diseñada para usar directamente en placas de desarrollo. Basado en ATmega328 o ATmega168. Tiene más o menos la misma funcionalidad que el Arduino Duemilanove, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa.
- Arduino Mega: Es la más grande y potente placa de Arduino. Basada en ATmega1280. Tiene 54 entradas/salidas digitales de las cuales 14 proporcionan salida PWM, 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



por hardware), un reloj de 16 MHz, conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de “reset”.

- Arduino LilyPad: Diseñado para aplicaciones sobre prendas, esta placa puede ser cosida a la ropa. Está basado en el ATmega168V o ATmega328V (de menor consumo). Tiene 14 entradas/salidas digitales, 6 entradas analógicas y una frecuencia de reloj de 8 MHz.
- Arduino Fio: Diseñada para aplicaciones inalámbricas. Incluye un zócalo para XBee, un conector para baterías LiPo y electrónica para cargar baterías. Basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digitales, 8 entradas analógicas, un resonador en placa, un botón de reinicio y agujeros para montar conectores de pines.
- Arduino Mini: La placa Arduino más pequeña. Basada en ATmega168, cuenta con 14 entradas/salidas digitales, 8 entradas analógicas y un reloj de 16 MHz.
- Arduino Pro Mini: Está diseñada para usuarios avanzados que requieren de bajo coste, menor tamaño y dispuestos a un poco de trabajo extra. Es una placa con un microcontrolador ATmega168. Tiene 14 entradas/salidas digitales, 6 entradas analógicas, un resonador interno, botón de reinicio y agujeros para el montaje de tiras de pines.

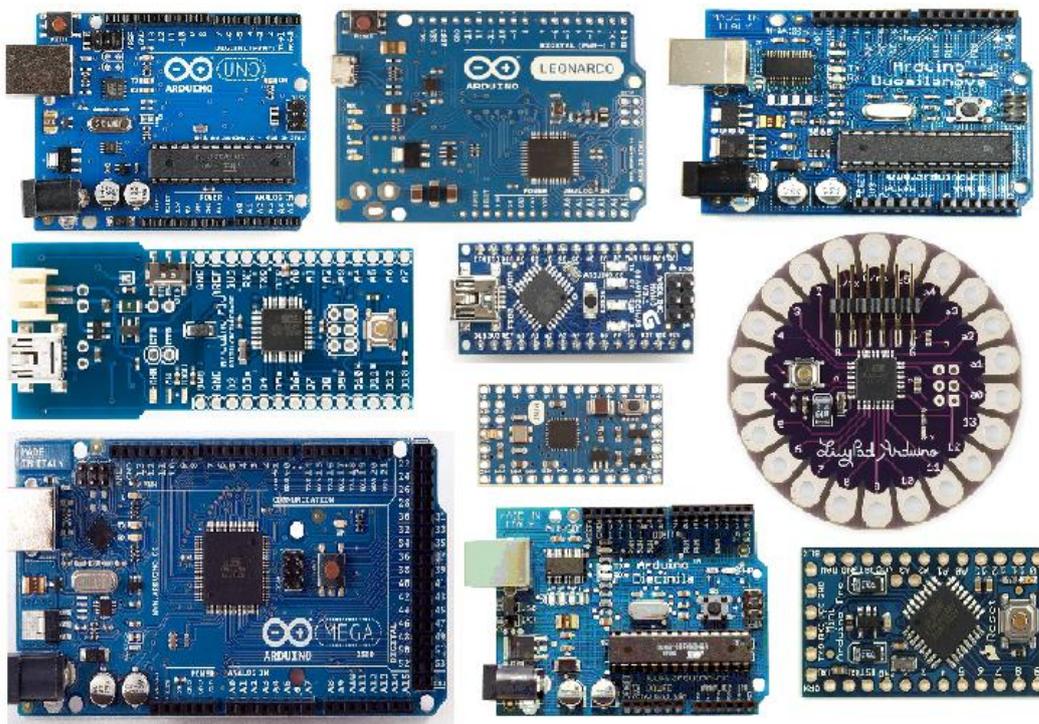


Figura 1.20. Tipos de Arduino.

El objetivo de Arduino y sus placas es ofrecer a la gente la posibilidad de seguir la filosofía DIY (Do it yourself).



Las shields son placas que se colocan encima de la placa Arduino y que amplían una nueva función para que sea controlada desde Arduino, para controlar diferentes aparatos, adquirir datos, etc.

A continuación, se citan las shields oficiales de Arduino, pero existen multitud de shields de terceros compatibles con Arduino.

- Arduino Ethernet Shield: Permite a una placa Arduino conectarse a una red Ethernet y tener acceso a y desde Internet.
- Arduino Wireless Proto Shield: Le da a una placa Arduino la posibilidad de comunicarse de manera inalámbrica basándose en los módulos XBee.
- Arduino Wireless SD Shield: Es igual que la anterior, pero da soporte para acceder a una tarjeta de memoria tipo SD.
- Arduino Motor Shield: Permite a Arduino controlar motores eléctricos de corriente continua, servos y motores paso a paso, y leer encoders.

#### 1.7.1. El entorno de desarrollo

El lenguaje de programación utilizado en este tipo de placas es el llamado Processing/Wiring. Su sintaxis es parecida a la de C y lenguajes similares. Permite crear un cargador de arranque o bootloader cuya misión es iniciar las funciones del microcontrolador. El entorno de desarrollo utilizado en estos casos es “Arduino IDE”. Basado en Java, ofrece un editor de texto y una consola de depuración, junto a las opciones de cargar el microcontrolador desarrollado por medio de un cable USB-micro USB.

El entorno de desarrollo en Arduino (IDE) es el encargado de la gestión de la conexión entre el PC y el hardware de Arduino con el fin de establecer una comunicación entre ellos por medio de la carga de programas. El IDE de Arduino se compone de:

- Un editor de texto, donde escribir el código del programa.
- Un área de mensajes, a través del cual el usuario tendrá constancia en todo momento de los procesos que se encuentren en ejecución, errores de código, problemas de comunicación, etc.
- Una consola de texto, mediante la que se permite la comunicación con el hardware de Arduino.
- Una barra de herramientas, donde será posible acceder a una serie de menús y a los botones con acceso directo a las principales funcionalidades de Arduino.

A través de la IDE de Arduino, se puede escribir el código del programa software y crear lo que se conoce por “sketch” (programa). El “sketch” permite la comunicación con la placa Arduino. Estos programas son escritos en el editor



de texto, el cual admite las posibilidades de cortar, pegar, buscar y reemplazar texto.

Un sketch tiene dos funciones clave:

- setup(): Función que sólo se ejecuta una vez, sirve para inicializar las variables y la configuración de la placa.
- loop(): Es el cuerpo principal del sketch. Se ejecuta continuamente hasta que se apague la placa.

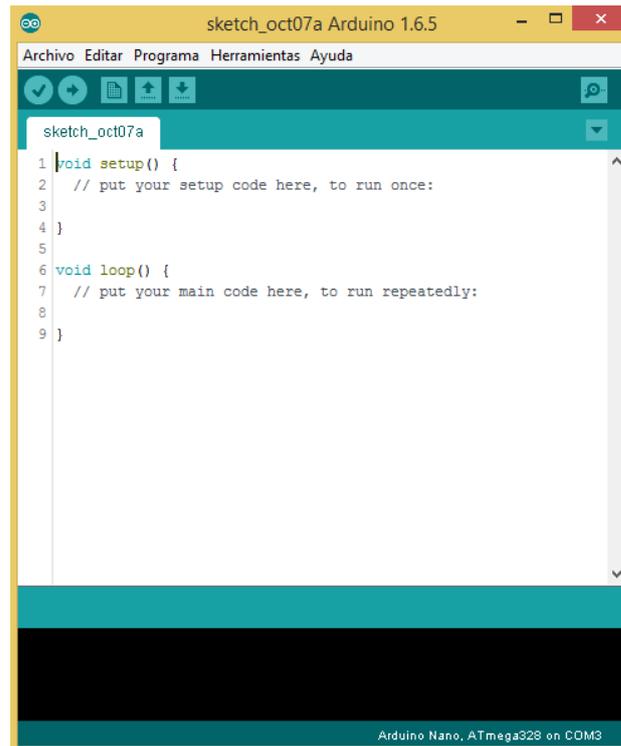


Figura 1.21. IDE Arduino.

En el área de mensajes se muestra, tanto la información mientras se cargan los programas, como los posibles problemas que se tengan a la hora de compilar.

Antes de empezar, tenemos que elegir en el IDE cuál será el Arduino que vamos a usar y el puerto USB donde está conectado.



# Capítulo 2.

## Desarrollo e implementación.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





## 2.1. Introducción

El equipo de monitorización consiste en un montaje que ha diseñado MVScada, pequeño y eficiente. Por una parte, se necesita un hardware que, con la programación adecuada, recoja los datos y los guarde, y por otro, hace falta una antena para transmitir la información.

El hardware elegido es Arduino Nano, principalmente por su tamaño y coste, y la antena será una XBee Pro serie 2B, por su alcance. Estos componentes irán conectados al autómatas del seguidor de cabecera de la serie y será el que “ordene” a los demás seguidores de la serie los movimientos para seguir al sol y les “pida” la producción y demás parámetros.

En el siguiente esquema se muestra una planta de 4 serie de seguidores o instalaciones con 6 seguidores cada una.

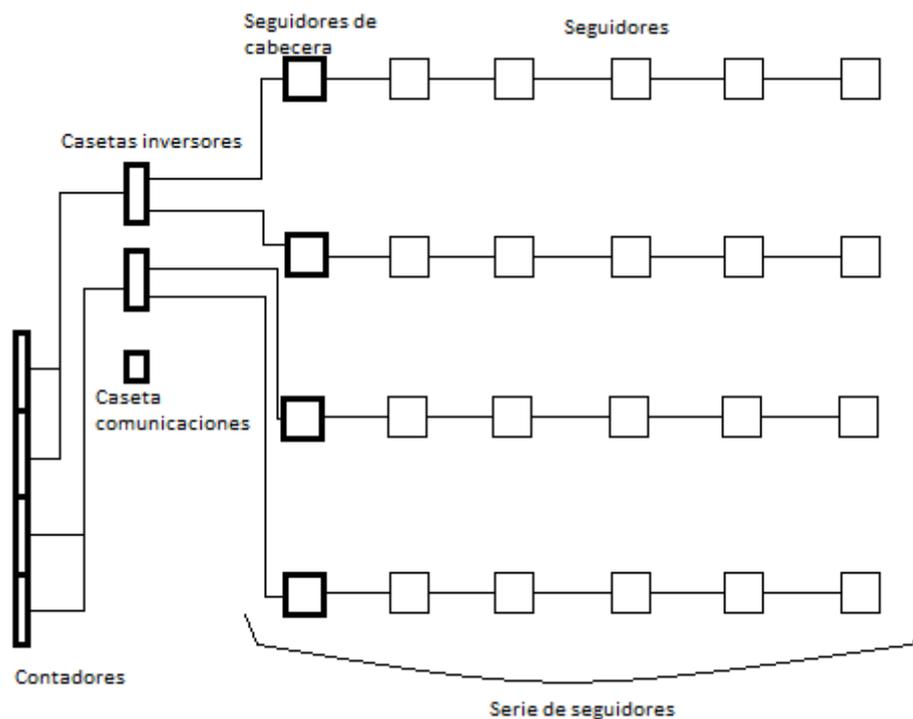


Figura 2.1. Esquema de una planta.

En la caseta de comunicaciones, hay que poner un mini PC conectado a internet y a otra XBee, que será la que comunique con las que están en los seguidores de cabecera para mandarlo a un servidor y de éste al ordenador de la oficina.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

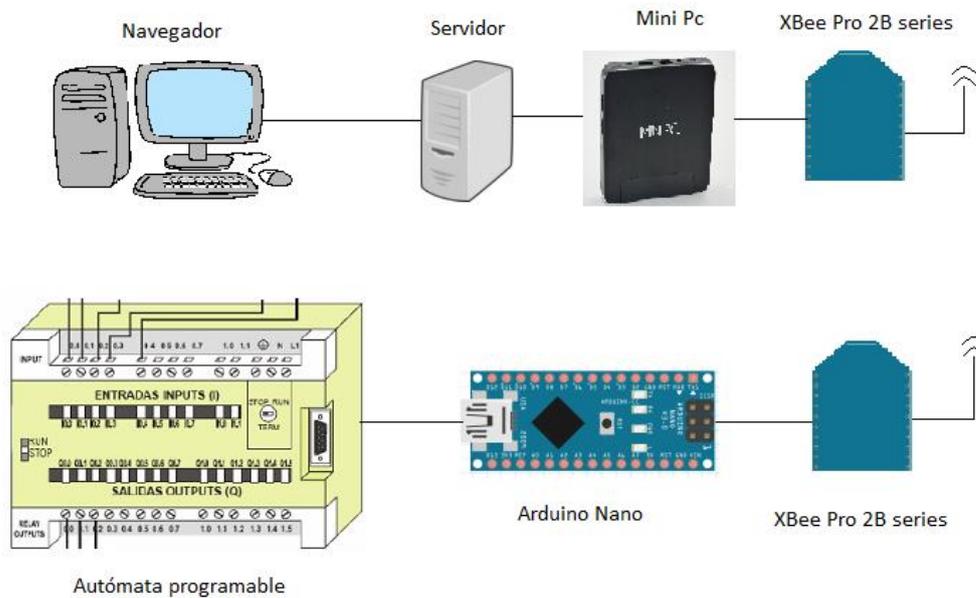


Figura 2.2. Esquema general del montaje.

La parte del montaje de Arduino y XBee va en cada seguidor de cabecera de la huerta. Esto sólo se implantará en las huertas grandes, es decir, a partir de cuatro seguidores de cabecera, ya que en las huertas pequeñas no merece la pena hacer este tipo de inversiones. En las huertas pequeñas se cambiará la IP para que transmita la información al servidor y así aparezca en la página web. Esto no tiene ningún coste, sólo el transporte del técnico a cada planta para cambiar la IP que tienen los autómatas.

En las huertas grandes también se puede cambiar la IP sin más, pero lo que queremos es que desaparezca el módem con la tarjeta, que hay que pagar mensualmente.

Es decir, se va a hacer una inversión grande, pero se amortizará en un plazo de dos a tres años, mientras que si, simplemente, cambiamos la IP tendremos que seguir pagando siempre la cuota mensual de la tarjeta del módem. Además, este sistema es más rápido y eficaz que el anterior.



## 2.2. Arduino Nano

Tal y como veíamos al final del apartado 1.7 del Capítulo 1 Fundamento teórico, el Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 o ATmega168 que se usa conectándola a una protoboard. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez de cable estándar. Puede estar conectado con una fuente externa no regulada de 6-20 V (pin 30), o con una fuente externa regulada de 5 V (pin 27). La fuente de alimentación es seleccionada automáticamente a aquella con mayor tensión.

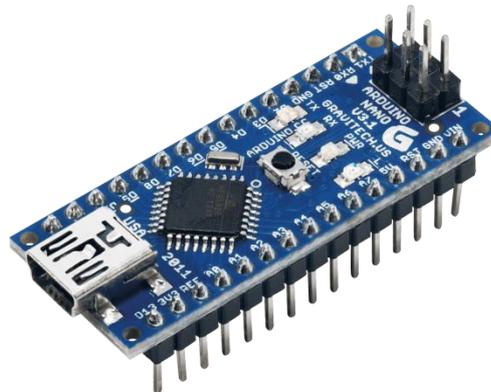


Figura 2.3. Arduino Nano.

El chip FTDI FT232RL que posee el Nano sólo es alimentado si la placa está siendo alimentada usando el cable USB.

Cuando se utiliza una fuente externa (no USB), la salida de 3,3 V (la cual es proporcionada por el chip FTDI) no está disponible y los pines 1 y 0 parpadearán si los pines digitales 0 o 1 están activados.

### 2.2.1. Entradas y salidas

Cada uno de los 14 pines digitales del Nano operan a 5 V y pueden ser usados como entradas o salidas. Cada pin puede proveer o recibir un máximo de 40 mA y poseen una resistencia de pull-up (desconectada por defecto) de 20 a 50 k $\Omega$ .

Algunos pines poseen funciones especializadas:

- Serial: pin 0 (RX) usado para recibir y pin 1 (TX) usado para transmitir datos TTL vía serie.
- Interrupciones externas: pines 2 y 3. Estos pines pueden ser configurados para activar una interrupción por paso a nivel bajo, por flanco de bajada o flanco de subida, o por un cambio de valor.
- PWM: pines 3, 5, 6, 9, 10 y 11. Proveen de una salida PWM de 8 bits.



- SPI: pines 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines soportan la comunicación SPI.
- LED: pin 13. Existe un LED conectado al pin digital 13. Cuando el pin se encuentra en nivel HIGH, el LED está encendido, cuando el pin está a nivel LOW, el LED estará apagado.

El Nano posee 8 entradas analógicas, cada una de ellas provee de 10 bits de resolución (1024 valores diferentes).

### 2.3. XBee

Los XBee son pequeños dispositivos azules que pueden comunicarse entre sí de una manera inalámbrica. Son fabricados por Digi International, los cuales ofrecen una gran variedad de combinaciones de hardware, protocolos, antenas y potencias de transmisión. Estos módulos requieren poca o nula configuración para ponerlos a trabajar.

De acuerdo a Digi, los módulos XBee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes punto a multipunto (fast point-to-multipoint); o para redes punto a punto (peer-to-peer). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible.

Los módulos XBee proveen dos formas de comunicación. El primero es el modo de transmisión serial transparente (Modo AT), en el cual la comunicación se asemeja a lo que sería una transmisión a través de un puerto serial, ya que el dispositivo se encarga de crear la trama y el dato que llegue al pin TX será enviado de forma inalámbrica, por lo cual se considera como el modo más sencillo para utilizar estos nodos. Su principal desventaja es que para enviar información a distintos nodos es necesario entrar constantemente al modo configuración para cambiar la dirección de destino.

El otro modo de comunicación se conoce como Modo API, en este caso un microcontrolador externo se debe encargar de crear una trama específica al tipo de información que se va a enviar, este modo es recomendado para redes muy grandes donde no se puede perder tiempo entrando y saliendo del modo de configuración de los dispositivos. Para redes con topología en malla este es el modo a utilizar.

### 2.3.1. Comunicación XBee

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz. A diferencia de bluetooth no utiliza FHSS (Frecuency hooping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. El alcance depende de la potencia de emisión del dispositivo así como el tipo de antenas utilizadas.

La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256 kbps. Una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta 65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos. La realidad es menor por colisiones en las comunicaciones, siendo, de todas formas, de miles de equipos. Una colisión se produce cuando dos o más dispositivos transmiten datos en el mismo canal al mismo tiempo.

### 2.3.2. Arquitectura básica de una red XBee

Una red Zigbee la forman básicamente tres tipos de elementos: un único dispositivo Coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (end points).

Los módulos XBee son versátiles a la hora de establecer diversas topologías de red.

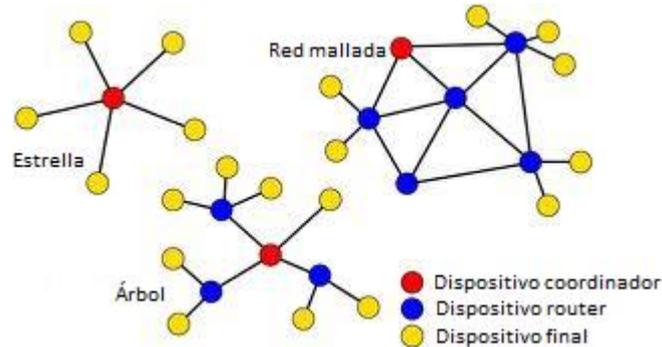


Figura 2.4. Tipos de comunicación de XBee.

- El Coordinador: es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos Routers y End Points. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutado de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.



- Los Routers: Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para enrutar un paquete de información. Lógicamente un Router debe unirse a una red Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros Routers o de End points.
- End Device: Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un Coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device.

### 2.3.3. Software para configurar

Los módulos XBee pueden ser configurados desde el PC utilizando diferentes programas, en este caso vamos a utilizar el programa X-CTU que Digi International pone a disposición de los usuarios. En él se puede comprobar el correcto funcionamiento de las radios, actualizar el “firmware” de los módulos y configurarlos rápidamente.

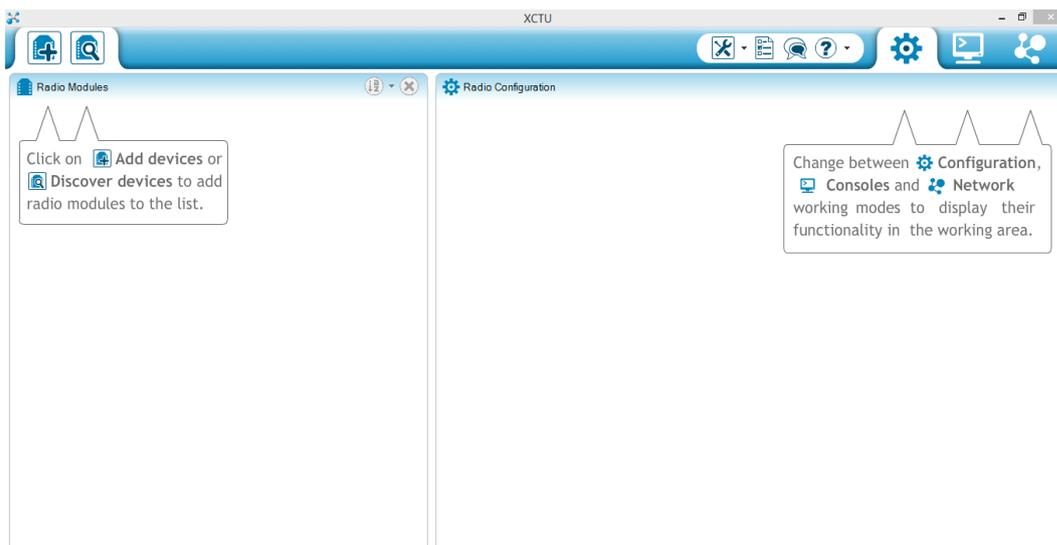


Figura 2.5. Pantalla inicial X-CTU.

Lo primero que se debe hacer es establecer comunicación desde el PC hasta el módulo a través del puerto serie. Lo más sencillo es tener la XBee montada en una de las placas de desarrollo, se puede utilizar tanto la placa RS-232 como la USB, con la salvedad que esta última no necesita ser alimentada externamente, pues toma su alimentación del puerto USB. Después se elige el puerto serie donde está conectado el módulo. Por defecto la configuración del puerto serie es:

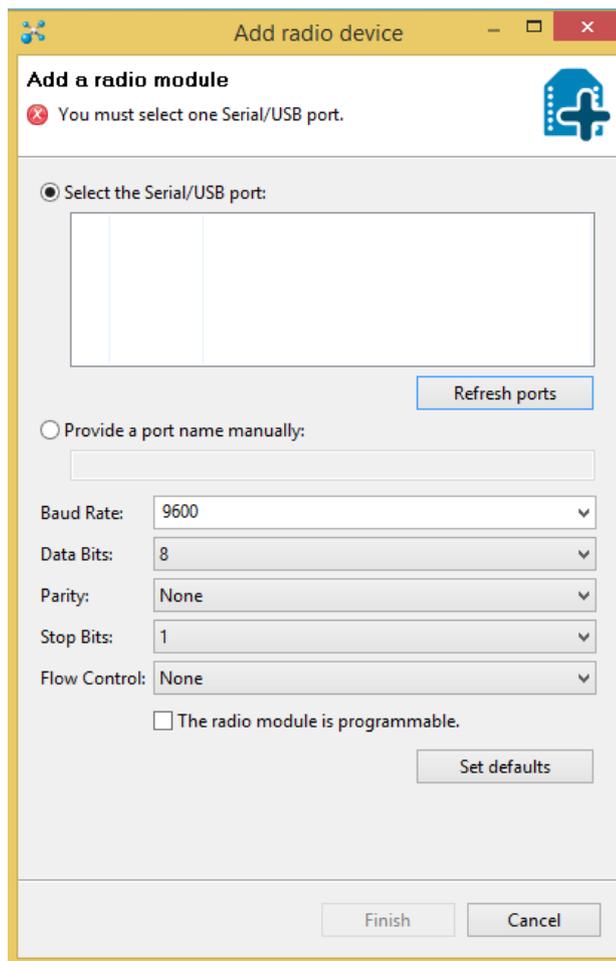


Figura 2.6. Configuración del puerto serie por defecto.

## 2.4. XBee Pro 63 mW wire antenna series 2B

Este es el módulo XBee XBP24-BZ7WIT-004 de Digi. La nueva Serie 2B trae mejoras respecto a la potencia de salida y protocolo de datos de los Pro Serie 2. Los módulos de Serie 2B le permiten crear complejas redes en malla basadas en el firmware de malla del XBee ZB ZigBee.

Estos módulos permiten una comunicación muy fiable y simple entre microcontroladores, computadores, sistemas, etc. Soporta redes punto a punto y multipunto.

Los módulos de Serie 2B usan una configuración de hardware diferente de los modelos anteriores, y si bien puede comunicarse con los módulos XBee Serie 2, estos no son compatibles con los módulos antiguos de serie 2.5.



Figura 2.7. Xbee pro 63 mW wire antenna series 2B.

La antena que irá “enroscada” a la Xbee debe ser de 2,4 GHz, hay que comprarla a parte.



Figura 2.8. Antena Xbee.

## 2.5. Conexiones de Arduino y XBee

Se conecta el RX (pin 2) del Arduino con el TX (pin 2) de la XBee y el TX (pin 1) del Arduino con el RX (pin 3) de la XBee. Hay que conectarlos a masa (GND, pin 4 de Arduino y pin 10 de la XBee). Alimentamos el Arduino mediante un cable USB al ordenador. Pin 17 de Arduino alimentación de 3,3 V con pin 1 de XBee (alimentación de 3,3 V).

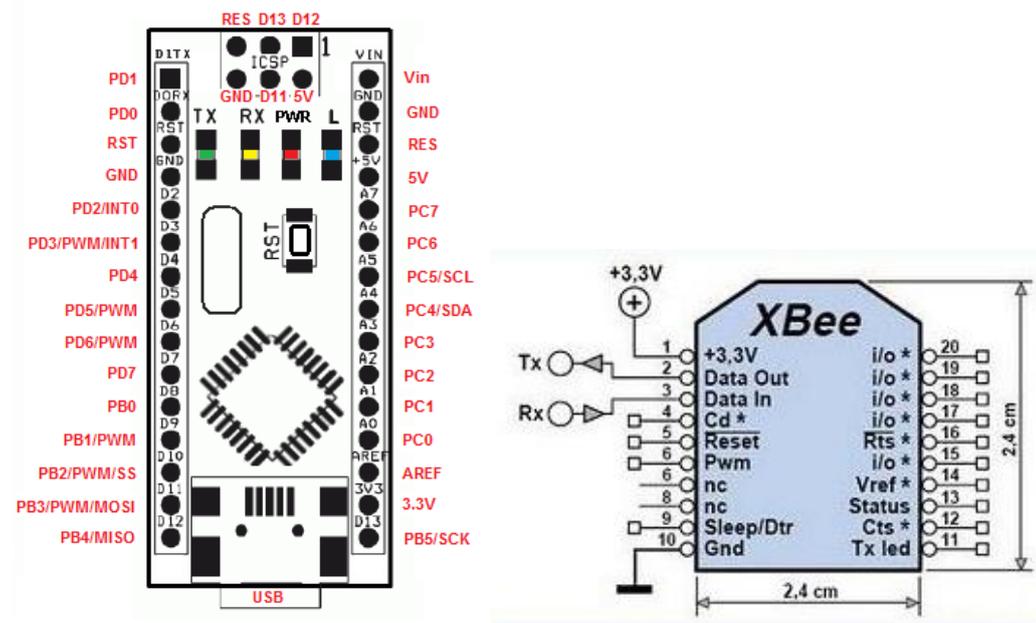


Figura 2.9. Pines de Arduino Nano. Pines de antena XBee.

Con el programa Fritzing, del cual se hablará más adelante, hemos hecho una placa para conectar el Arduino con la antena XBee, sin necesidad de cables. También se van a conectar unos LEDs (con la resistencia correspondiente).

Se pone el Arduino Nano por la parte de debajo de la placa y la XBee por encima, se colocan el Led y la resistencia. El autómata se conecta mediante un adaptador (db9).

El Arduino puede reiniciar la XBee uniendo el pin 11 con el pin 5 de XBee. Y la XBee puede reiniciar el Arduino uniendo el pin 19 con el pin 33 (reset) del Arduino.



## 2.6. Fritzing

Fritzing es una iniciativa de hardware libre para la edición de esquemas de conexión para proyectos de electrónica. Esencialmente es un software de automatización de diseño electrónico con una interfaz dinámica. El software cuenta con un sitio web en el que está involucrada una gran comunidad con el propósito de compartir experiencias.

El desarrollo de esta herramienta permite a los usuarios documentar sus prototipos, compartirlos, enseñar electrónica, y crear un diseño para la fabricación de circuitos impresos de manera profesional.

El programa se puede descargar gratuitamente desde la web oficial. Una vez descargado no hace falta instalarlo, podemos ejecutarlo directamente.

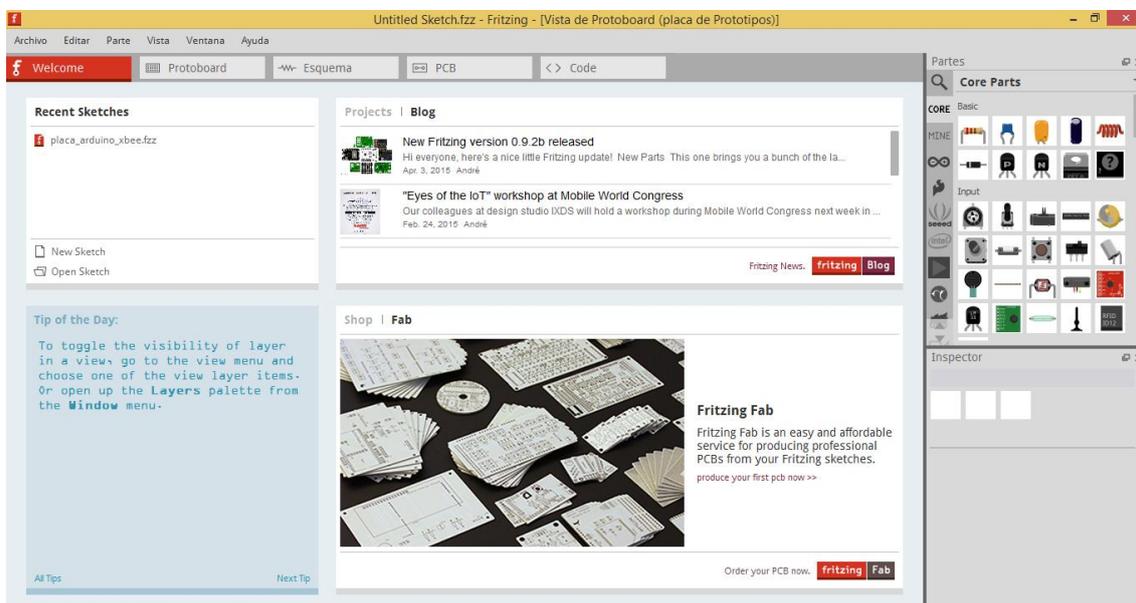


Figura 2.10. Fritzing.

Podemos ver que tenemos 5 secciones:

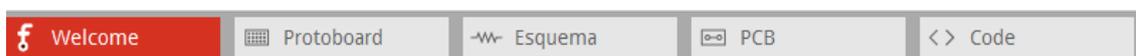


Figura 2.11. Secciones Fritzing.

En la pestaña “Protoboard” se realiza el diseño en una protoboard, como el propio nombre indica, implementando todos los componentes necesarios. En este caso, colocamos el Arduino Nano y conectamos la XBee y demás componentes como se muestra a continuación:

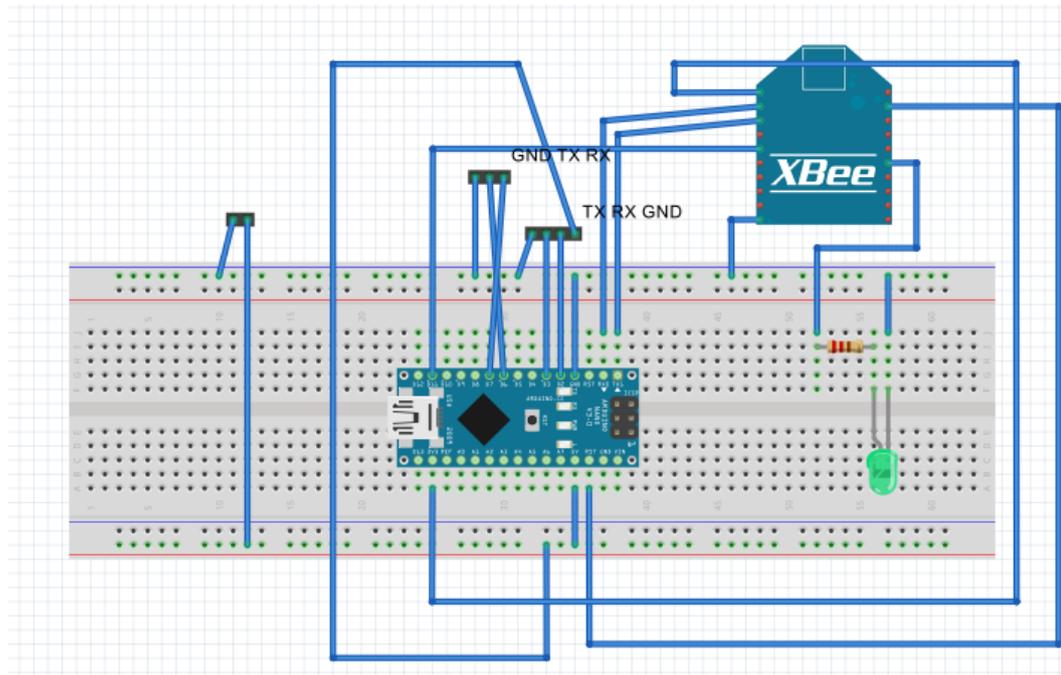


Figura 2.13. Diseño protoboard en Fritzing.

En la siguiente pestaña, “Esquema”, nos aparecen los componentes conectados como un circuito electrónico.

Por último, tenemos la pestaña “PCB” donde tenemos que organizarla, igual que el esquema, compactarla lo máximo posible para que, además de disminuir costes, sea más pequeña y generar las pistas que van a connexionar el circuito. En esta vista podemos ver cómo quedaría el circuito en una placa real.

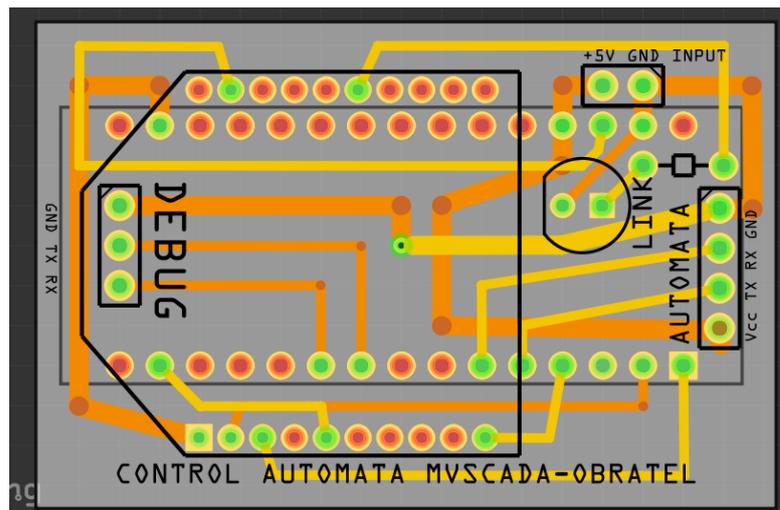


Figura 2.14. Diseño de tarjeta en Fritzing.

A la derecha de la ventana principal tenemos “Partes” e “Inspector”. En la ventana “Partes” podemos encontrar todos los componentes clasificados



según su aplicación (conexiones, entradas, circuitos integrados, etc.). También podemos encontrarlos según las compañías disponibles para trabajar con Fritzing.

Debajo de esta ventana encontramos el “Inspector”, que nos permite cambiar algunos parámetros del componente seleccionado.

## 2.7. Implementación

Una vez que tenemos todos los componentes, tenemos que “unirlos”. Para ello empezamos soldando en la placa Fritzing los conectores basados en pines, “pinchamos” el Arduino por debajo de la placa y la XBee por encima. Soldamos el LED y la resistencia. Los conectores basados en pines también los usamos para “pinchar” con cables el conector DB9 que va al autómata y para la placa convertora de 24 V a 5 V que va directamente al enchufe que tiene la caja del seguidor.



Figura 2.15. Placa convertora de 24 V a 5 V.

Todo el montaje irá dentro de cajas con una IP65 (el primer número es la protección contra la suciedad y el segundo contra el agua) aunque perderán algo de protección por la salida de la antena y de los cables que se conectan al autómata y a la alimentación, aunque al estar dentro de la caja de los seguidores está bastante protegida.

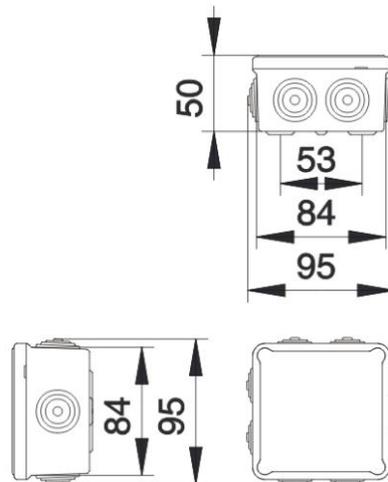


Figura 2.16. Dimensiones caja estanca.

Todas las XBee se configurarán en modo API y a una velocidad de 57600 baudios.

La XBee Coordinadora estará en la caseta del huerto, mientras que las XBee Routers se colocarán en los seguidores cabecera de cada serie, las cuales recogen todos los datos que los demás seguidores de la serie recogen para que cuando le pregunten a la Coordinadora por algún dato éstas se lo envíen, se manda a un servidor y del servidor va a la página web.

En la caja de la caseta va instalado un Mini Pc industrial, en concreto, el Epatec 3350DX2 (sin botón de apagado/encendido). Es un Mini Pc ultracompacto, con dos puertos serie y tres puertos USB 2.0, entre otras cosas. El Mini Pc necesita una tarjeta SD.



Figura 2.17. Epatec 3350DX2.

Al Mini Pc va conectado un relé USB para poder automatizar los reinicios de la XBee.



Figura 2.18. Relé USB.

También hay que conectar la XBee coordinadora con una antena más grande para que pueda comunicar con todas las demás. Para conectar la XBee se utilizará una Xplorer, es una placa para poder conectar la XBee por USB.

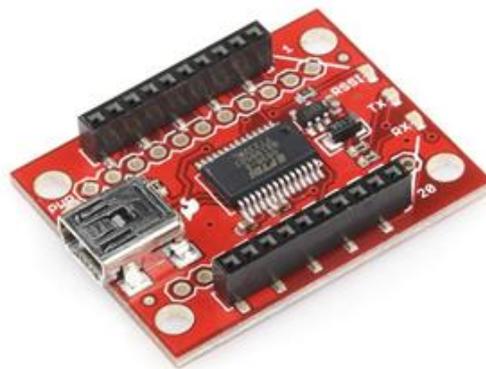


Figura 2.19. Xplorer XBee.

Para que no haya derivaciones hay que poner una base de madera en todo el conjunto que se va a montar en la caseta de internet. También hay que poner un tubo de PVC en la parte de debajo de la antena, que no toque nada con metal.

Es recomendable que se ponga un SAI (sistema de alimentación ininterrumpida) para que cuando se vaya la luz en la planta siga todo funcionando correctamente y no haya reinicios cuando la luz vuelva.

Para que todo esto funcione hay que “flashear” todos los Arduino Nano uno a uno (cargarlos el programa de IDE Arduino) y las XBee, cambiando la configuración en el X-CTU. Para “flashear” las XBee se necesita una Xplorer para poder conectarlas al ordenador mediante USB.

Cuando ya tengamos las XBee y los Arduino Nano preparados hay que “pincharlos” en la tarjeta, se realizan las conexiones de todos los aparatos, como se ha explicado anteriormente, se acopla todo en la caja y se deja preparado para llegar al campo y enchufar directamente el cable DB9 directo al autómatas y alimentar el sistema. También hay que llevar preparado el Mini Pc en el que se cargará el programa de Python y la XBee coordinadora. Esto va



atornillado al madero y conectado, mediante la XBee, a la antena de 1,5 metros con un cable RP-SMA.

## 2.8. Pruebas

Las primeras pruebas se han hecho mediante una protoboard en la oficina de MVScada. Una vez comprobado que el montaje que tenemos pensado funciona, hemos diseñado una placa de circuito impreso (PCB, printed circuit board) con el programa Fritzing realizando las conexiones como se ha explicado anteriormente.

Las siguientes pruebas ya son con la placa Fritzing que funciona perfectamente pero hay que mejorarla ya que el LED y la XBee quedan demasiado juntas. También ha habido que modificar la conexión que pusimos para que el Arduino reinicie la XBee, ya que entraba en un bucle infinito y cada 5 segundos lo reiniciaba.

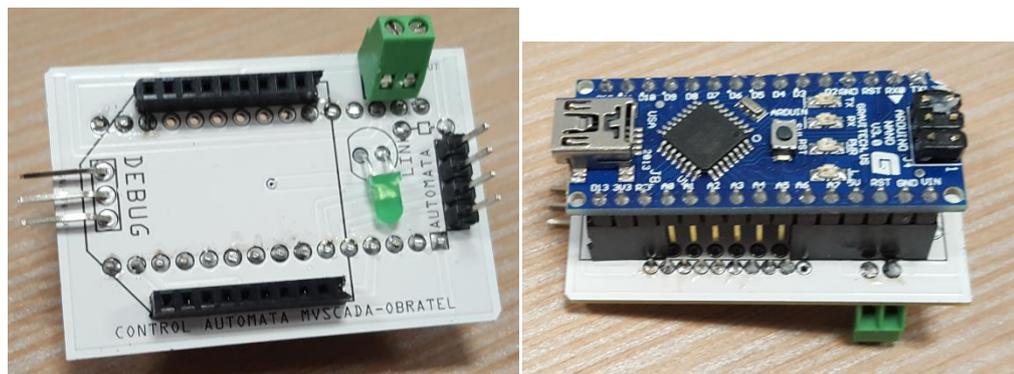


Figura 2.20. Primera tarjeta Fritzing.

La programación, una vez comprobado que funciona y hace lo que le pedimos, ha habido que cambiarla varias veces, sobretodo, por el tema de memoria. Se podría haber elegido otro Arduino con más memoria, como el Arduino Mega, pero modificando el código y haciéndole más eficiente hemos conseguido memoria suficiente. También hay que tener en cuenta que se eligió Arduino Nano por su tamaño, para que la caja con el montaje entrara en la caja del seguidor de cabecera sin ningún problema.

También se ha modificado el código después por nuevos servicios que pedía Obratel y por descubrimiento de nuevos comandos que tienen los autómatas de los seguidores programados. En realidad, el código se ha ido modificando constantemente, realizando mejoras.

Primero se han hecho pruebas comunicando con una huerta en Aldeamayor a través del ordenador para comprobar que el programa hace lo que queremos y está bien programado. Una vez que el programa es el correcto,



lo probamos en una caja de un seguidor, cedido por Obratel, en la oficina para detectar posibles fallos de conexión y comprobar que el montaje entra dentro de la caja.



Figura 2.21. Prueba en oficina con caja de seguidor.

Una de las preocupaciones de Obratel era el tamaño de la caja donde va el conjunto y donde se iba a colocar para que no molestara a los técnicos al realizar sus trabajos. Lo mejor era colocar la caja cerca del autómata, pero para que los técnicos trabajen en mejores condiciones se decidió poner el montaje en la caja de electricidad del seguidor.

La primera prueba en planta fue en Bercero (Valladolid) que tiene 4 series de seguidores, donde se instalaron cuatro cajas en los cuatro seguidores de cabecera y la caja que va en la caseta con internet.

Cuando llegamos allí lo primero que se hizo fue colocar la antena omnidireccional en el mástil donde hay una cámara en la caseta de comunicaciones. Allí se instaló la caja con una Raspberry Pi y la XBee. Se ha colocado una Raspberry Pi porque no se disponía todavía de los Mini Pc y realiza la misma función. Aunque la Raspberry Pi es más barata es mucho menos robusta y si tenemos en cuenta que está en una caseta de chapa en el campo es mejor un Mini Pc. Para que no haya interferencias ni derivaciones, porque las paredes de la caseta son de chapa, se coloca un madero entre la pared y la caja. Todo esto se conecta al router de la planta y a la alimentación.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Figura 2.22. Antena.



Figura 2.23. Montaje caseta.



Figura 2.24. Caja montaje caseta.

Una vez montado lo de la caseta de comunicaciones vamos a instalar las cajas pequeñas con el Arduino y la XBee. Cuando abrimos el cajón del seguidor de cabecera nos encontramos con una sorpresa, no todos los autómatas son iguales y tienen diferentes entradas. Llevamos preparados cables DB9-DB9 para unir el contenido de la caja con el autómatas y para los de Bercero se necesita un cable DB9-DB15.

De todas formas, dejamos las cajas conectadas a la alimentación de 24 V para comprobar que las comunicaciones entre las XBee funcionan, a pesar de la distancia y de los seguidores que hay de por medio.



Figura 2.25. Cajas de los seguidores de cabecera de Bercero.



Figura 2.26. Montaje en caja de seguidor.

Finalmente, comprobamos que comunican bien y devuelven el número de serie del contador correctamente, que lo tiene guardado el autómata.

Al día siguiente se conectó el cable DB9-DB15, y funciona correctamente. Desde la Web ya se leen datos reales con el montaje instalado en planta. Funcionan los comandos que se pueden mandar para cambiar la posición o hacer un reseteo de los seguidores.

Se decide que la tarjeta que tenemos de Fritzing la va a realizar una empresa de Oviedo que conocen en MVScada. Va a realizar las mismas funciones y va a incluir un chip para omitir el convertidor de RS 232 a TTL (la placa será un poco más larga), también hay que tener en cuenta que esta tarjeta va a ser mejor económicamente. Además, la tarjeta ya la realizan con todas las soldaduras para pinchar y conectar todos los elementos, no como la de Fritzing que había que soldar los conectores de pines y los borneros.

En la figura 2.27 tenemos el convertidor y el chip del cuadro rojo es el que se implementará en la nueva tarjeta.

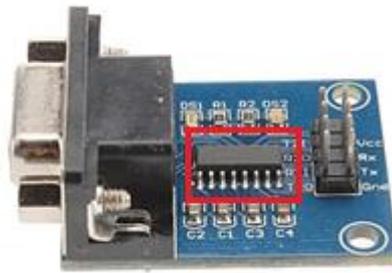


Figura 2.27. Conversor RS 232 a TTL.

Finalmente, se hace otra modificación en la tarjeta para que, aunque sea un poco más grande, lleve integrada la placa convertora de 24 V a 5 V. Esto irá incorporado en la tarjeta con un chip que hace la misma función.

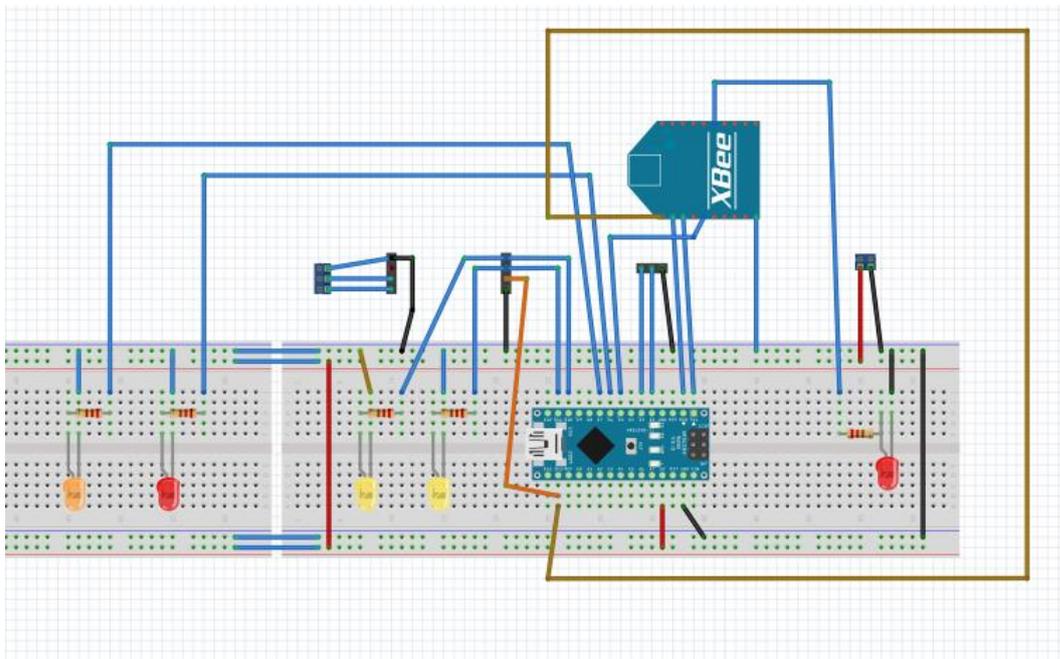


Figura 2.28. Diseño final en protoboard.

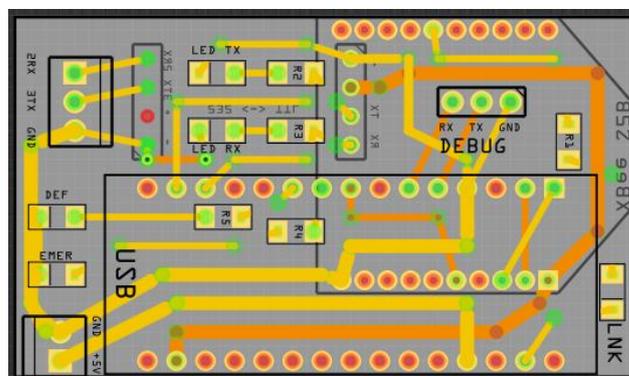


Figura 2.29. Diseño final tarjeta.



## 2.9. Funcionamiento del programa

Al conectar el montaje con el autómatas, lo primero que va a hacer es engañar al autómatas como si fuera un módem con comandos AT. Lo que se hace para engañarlo es que cuando pide respuesta de estos comandos se le contesta un "OK".

Los comandos AT, también conocidos como comandos Hayes (en honor a su desarrollador Dennis Hayes), son una serie de instrucciones que conforman un interfaz de comunicación entre usuario y módem. Su abreviatura AT proviene de la palabra "attention".

Aunque la finalidad principal de los comandos AT fue la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM (sistema global para comunicaciones móviles) /GPRS (servicio general de paquetes vía radio) también adoptó este lenguaje como estándar de comunicación.

Gracias a que la transmisión de comandos AT no depende del canal de comunicación a través del cual estos sean enviados (cable, infrarrojos, Bluetooth, etc.), podremos utilizar nuestra placa Arduino para transmitir dichos comandos al autómatas que es capaz de interpretarlos.

Los comandos AT utilizados para engañar al autómatas son los siguientes:

- AT+WOPEN: permite iniciar, detener y obtener información sobre la aplicación actualmente abierta.
- AT+CGATT: se utiliza para conectar o desconectar el dispositivo al servicio de dominio de paquetes.
- AT+WIPCF: Comando para iniciar el TCP/IP stack, que permite la configuración de registros y hardware internos para realizar una conexión TCP.
- AT+WIPBR: Comando para iniciar portador del servicio GPRS, del módulo.
- AT+WIPCR: Comando para crear una conexión TCP cliente al servidor localizado en la dirección IP indicada por el puerto indicado.
- AT+WIPDA: Comando para configurar la forma de envío de datos entre el servidor y el módulo WISMO228 (módulo de alarma del módem).

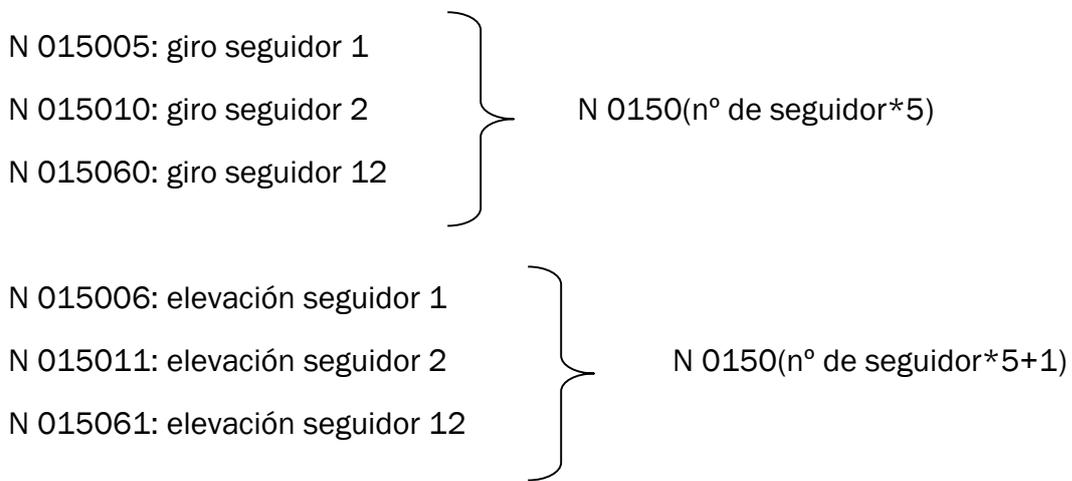
El autómatas manda un RES cada 3 minutos y le tenemos que contestar con un RES OK, si no obtiene respuesta vuelve a mandar comandos AT. Esto es para que le autómatas sepa si estamos conectados o no.



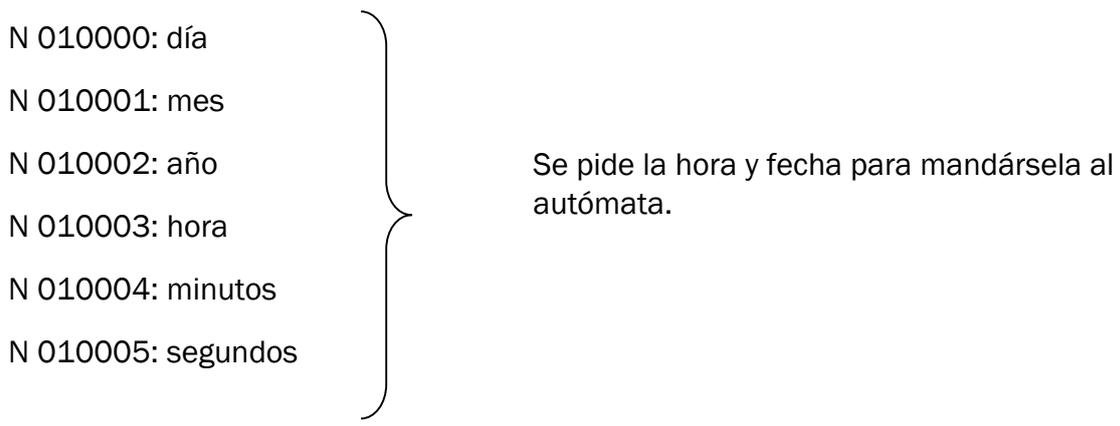
Una vez engañado, pide el comando N 010011 que si devuelve como dato un 400 significa que está ONLINE, y que está en defensa. Después el Arduino pide la hora al autómeta y la guarda, y empieza a leer todos los datos de giro, elevación, energía, viento y estado.

Cada 3 segundos el Arduino pide un dato y lo va guardando para que cuando le pidan información, no tenga que leer todos los datos y pueda responder con el paquete rápido. Como mucho la última lectura es de 2 minutos antes.

Para leer los datos necesita unos comandos o instrucciones que pide el Arduino al autómeta.



N 010011: estado (=400 está en automático)





L 021002: energía seguidor 1 (día anterior)  
L 021004: energía seguidor 2 (día anterior)  
L 021024: energía seguidor 12 (día anterior)

} N 0210(nº de seguidor\*2)

L 021001: energía acumulada seguidor 1  
L 021003: energía acumulada seguidor 2  
L 021023: energía acumulada seguidor 12

} L 0210(nº seguidor\*2-1)

L 021029: viento actual en m/s  
L 021030: viento máximo hoy en m/s  
L 021031: viento máximo ayer en m/s

B 003001014=1: se reinicia el seguidor completo

B 003002004=1: se activa bajada remota (defensa)

B 003002004=0: se desactiva bajada remota (defensa)

Si rápidamente se manda un 1 y después un 0 con el comando B 003002004 es como si se estuviera apretando la seta que tienen los seguidores 10 segundos, y con esto se reinicia el seguidor.

En el programa anterior había que meter a mano estos comandos para obtener los datos que queríamos uno a uno. Ahora los envía Arduino para obtener los datos y que, mediante las XBee, lleguen a la página Web. Esto ahorra tiempo y además se pueden ver todos los datos a la vez sin necesidad de introducir comandos ni códigos. Para cada planta, Obratel puede ver desde la página Web los datos de posición y la energía producida en tiempo real. También se pueden ver en los contadores los datos de energía generada y producida. Además, se puede ver un resumen de cada instalación y así se pueden comparar más fácilmente entre ellas de un vistazo. Otra parte importante que se visualiza en la página son las alarmas de los seguidores, que anteriormente Obratel las tenía en otra página diferente a la de las producciones.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Con la nueva página Web, Obratel tiene todo concentrado en el mismo sitio de forma ordenada, y con todos los datos necesarios para el control y supervisión de las plantas solares fotovoltaicas.

A continuación, se muestra una representación gráfica del funcionamiento interno del programa de Arduino mediante un diagrama de bloques.



# Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

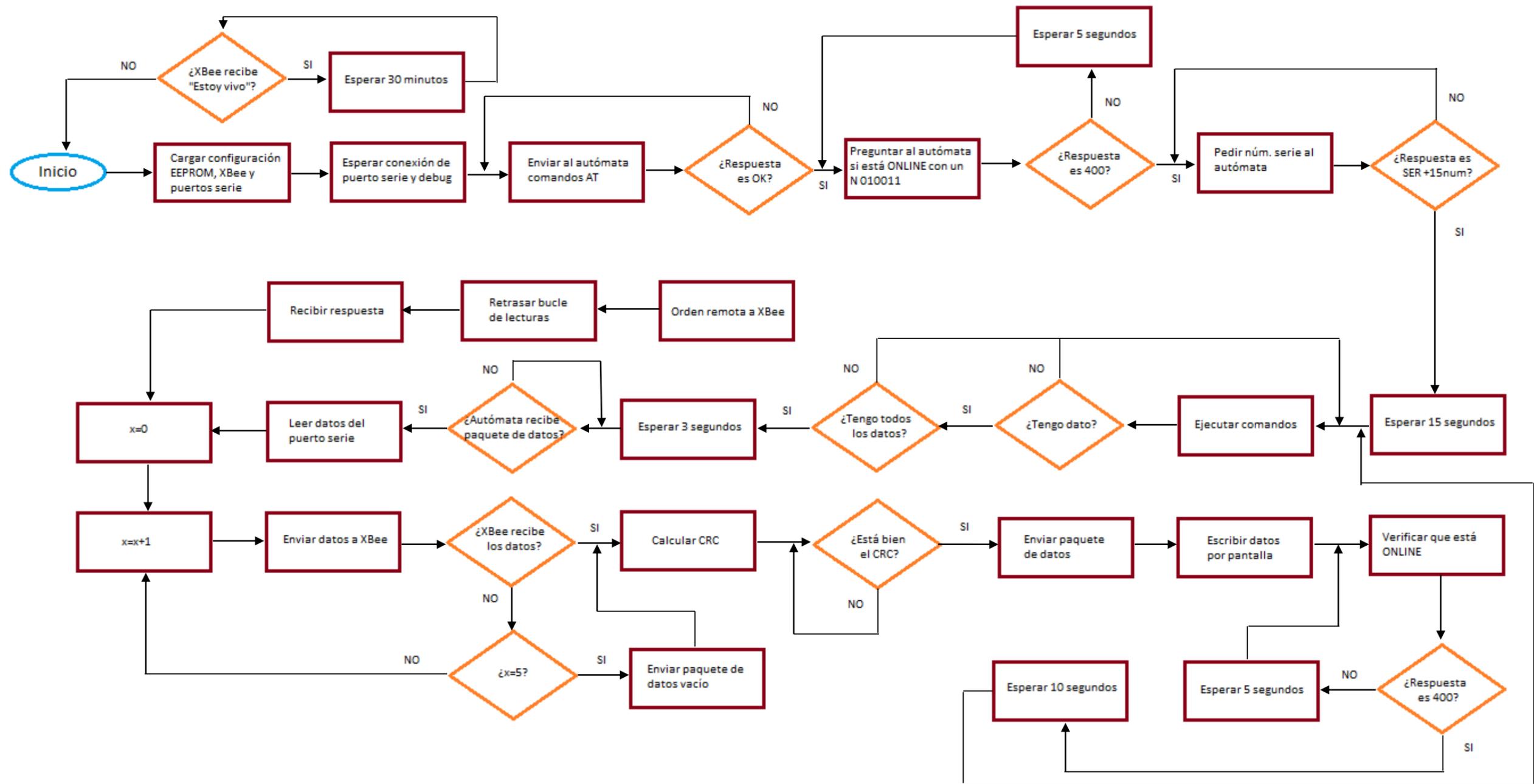


Diagrama 2.1. Diagrama de bloques de programa de Arduino.



Monitorización en tiempo real de seguidores  
solares fotovoltaicos en doble eje





# Capítulo 3.

## Análisis económico.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





### 3.1. Introducción

En este capítulo se realizará un estudio económico de la implementación del sistema. Se obtendrán los costes de los materiales utilizados y se analizará la rentabilidad y amortización de la inversión de la planta solar más pequeña donde se va a instalar, con cuatro seguidores de cabecera, y de la más grande, con treinta seguidores de cabecera.

Antes de realizar el análisis, ya sabemos que será más rentable el proyecto para una planta con más seguidores de cabecera, ya que, aunque la inversión es mayor, el montaje del mini pc es para toda la planta ya tenga cuatro seguidores como treinta. Vamos a comprobar que esto será así.

### 3.2. Coste de materiales

Para la realización de este trabajo son necesarios los materiales y componentes descritos en el capítulo 2 del presente Trabajo de Fin de Grado, presentados en las tablas 3.1 y 3.2.

En la tabla 3.1 vemos los componentes necesarios para el montaje que irá implementado en cada seguidor de cabecera.

Material	Precio/ud.
Arduino Nano	2,76 €
XBee Pro s2B	39,87 €
Antena XBee	6,51 €
PCB	7,55 €
DC-DC	0,62 €
Cable DB9	2,58 €
Caja	0,85 €
<b>TOTAL</b>	<b>60,74 €</b>

Tabla 3.1. Coste materiales seguidor de cabecera.

En la tabla 3.2 tenemos los materiales que se utilizarán para el sistema que se instalará en la caseta de comunicaciones de cada planta.



Material	Precio/ud.
XBee Pro s2B	39,87 €
Xplorer XBee	3,97 €
Antena omnidireccional	49,00 €
Cable para antena	11,36 €
Mini PC	120,00 €
Tarjeta SD	4,29 €
Alargador USB	1,00 €
Relé USB	6,44 €
Cable Ethernet	2,29 €
Caja	0,85 €
<b>TOTAL</b>	<b>239,07 €</b>

Tabla 3.2. Coste materiales caseta de comunicaciones.

Por ejemplo, para una planta con cuatro seguidores de cabecera, el coste de los materiales sería:

$$\text{Coste (4 seguidores): } 4 \cdot 60,74 + 239,07 = 482,03 \text{ €}$$

Mientras que antes, con el módem y la tarjeta SIM había que pagar una cuota de 3 €/mes por tarjeta. Es decir, en una planta con cuatro seguidores de cabecera habría que pagar 144 €/año.

Para una planta con 30 seguidores de cabecera, el coste de los equipos sería:

$$\text{Coste (30 seguidores): } 30 \cdot 60,74 + 239,07 = 2061,27 \text{ €}$$

Con la tarjeta SIM de 3 €/mes tendríamos que pagar 1080 €/año.

Al coste de estos materiales habría que sumar la mano de obra del programador y de los técnicos que lo van a instalar en las plantas. Aunque el coste de mano de obra de los técnicos no habría que tenerlo en cuenta, ya que son del personal de Obratel, en cambio sí tendríamos costes de oportunidad.

El coste de oportunidad es el coste que supone hacer algo y no otra cosa. Es decir, en nuestro caso, los técnicos estarían instalando los equipos en las plantas y no estarían otros trabajos.



### 3.3. Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto de una inversión o proyecto de inversión es una medida de rentabilidad absoluta neta que proporciona el proyecto, esto es, que mide en el momento inicial del mismo, el incremento de valor que proporciona a los propietarios, en términos absolutos, una vez descontada la inversión inicial que se ha debido efectuar para llevarlo a cabo.

Analíticamente lo podemos expresar como la diferencia entre la inversión inicial y el valor actualizado de los cobros y pagos futuros. Se puede expresar como:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial,  $n$  es el número de periodos considerados,  $k$  es la tasa de actualización y  $Q_i$  es el flujo de caja en el periodo  $i$ .

La tasa de actualización o coste capital ( $k$ ), se actualizará conforme al IPC (Índice de precios de consumo). Como este valor es variable a lo largo del tiempo, se tomará la media de los últimos 10 años, con lo que tendrá un valor de 6,14 %.

El número de periodos considerados será de 10 años.

Los flujos de caja los podemos obtener a partir de los ingresos, gastos, impuestos, etc. En este caso, los flujos de caja,  $Q_i$ , están formados por el ahorro económico anual estimado,  $Q_i'$ , menos un gasto de mantenimiento,  $Q_i''$ , que conlleva el cambio de los equipos por otros nuevos cada tres años.

$$Q_i = Q_i' - Q_i''$$

#### 3.3.1. Valor actual neto para una planta con cuatro seguidores de cabecera

Para una planta con cuatro seguidores de cabecera tendremos:

$Q_i' = 144,00$  €/año, coste que se tenía con el módem y la tarjeta SIM que era constante a lo largo de los años.

$Q_i'' = 40,00$  €/año, estimación de reposición de los equipos en caso de avería.

En la tabla 3.3 tenemos el cálculo del valor actual neto:



Año	Qi'	Qi''	Qi	Qi/(1+k) <sup>i</sup>	VAN
0	-	-	-482,03	-482,03	-482,03
1	144		144	135,66987	-346,36
2	144		144	127,821622	-218,539
3	144	40	104	86,9753308	-131,563
4	144		144	113,460883	-18,1023
5	144		144	106,897384	88,79509
6	144	40	104	72,7375786	161,5327
7	144		144	94,8874792	256,4201
8	144		144	89,3984164	345,8186
9	144	40	104	60,8305285	406,6491
10	144		144	79,3545182	486,0036

Tabla 3.3. Cálculo del VAN para una planta con 4 seguidores de cabecera.

La inversión realizada a 10 años con una tasa de actualización constante a lo largo del tiempo, da lugar a un VAN positivo, por lo que el proyecto es realizable.

$$VAN_{10} = 486,00 \text{ €} > 0$$

En la figura 3.1 se puede observar el VAN a lo largo de los años (va en aumento), y el flujo de caja actualizado que representa el ahorro anual (va en descenso).

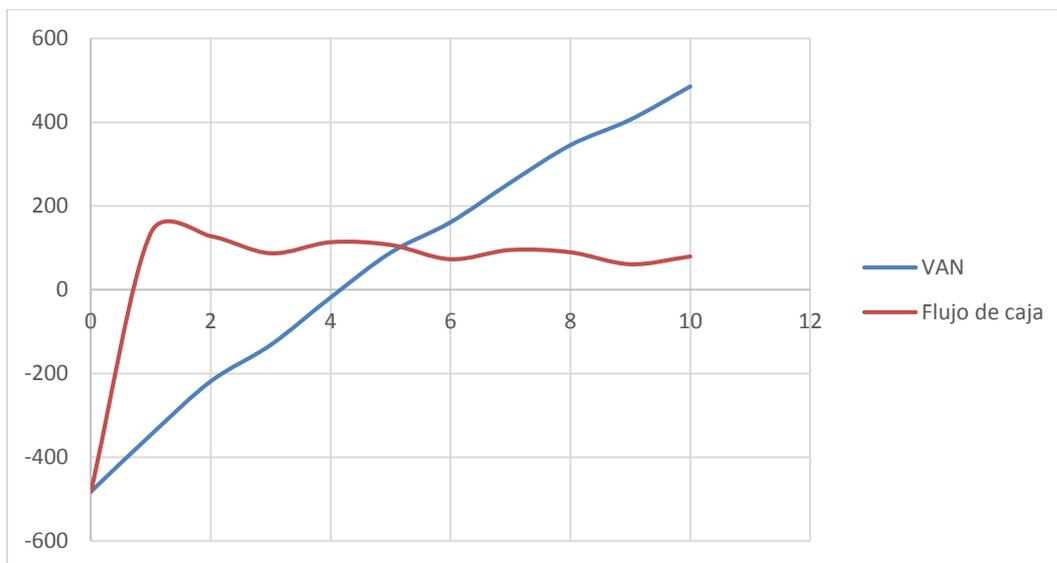




Figura 3.1. VAN para cuatro seguidores de cabecera.

### 3.3.2. Valor actual neto para una planta con 30 seguidores de cabecera

En este caso tenemos una planta de 30 seguidores de cabecera.

$Q_i'$  =1080,00 €/año, en este caso también es el coste del módem con la tarjeta SIM.

$Q_i''$  =120,00 €/año, al igual que en el apartado anterior, es la estimación de reposición de los equipos en caso de avería.

En la tabla 3.4 tenemos el VAN:

Año	$Q_i'$	$Q_i''$	$Q_i$	$Q_i/(1+k)^i$	VAN
0	-	-	-2061,27	-2061,27	-2061,27
1	1080		1080	1017,52402	-1043,74598
2	1080		1080	958,662168	-85,0838074
3	1080	120	960	802,849208	717,7654
4	1080		1080	850,956622	1568,72202
5	1080		1080	801,730377	2370,4524
6	1080	120	960	671,423803	3041,8762
7	1080		1080	711,656094	3753,5323
8	1080		1080	670,488123	4424,02042
9	1080	120	960	561,512571	4985,53299
10	1080		1080	595,158886	5580,69188

Tabla 3.4. Cálculo del VAN para una planta con 30 seguidores de cabecera.

En este caso, la inversión realizada también da lugar a un VAN positivo, por lo que el proyecto también es realizable.

$$VAN_{10} = 5580,69 \text{ €} > 0$$

Como en la figura 3.1, en la figura 3.2 también podemos observar el VAN a lo largo de los años (va en aumento), y el flujo de caja actualizado que representa el ahorro anual (va en descenso).

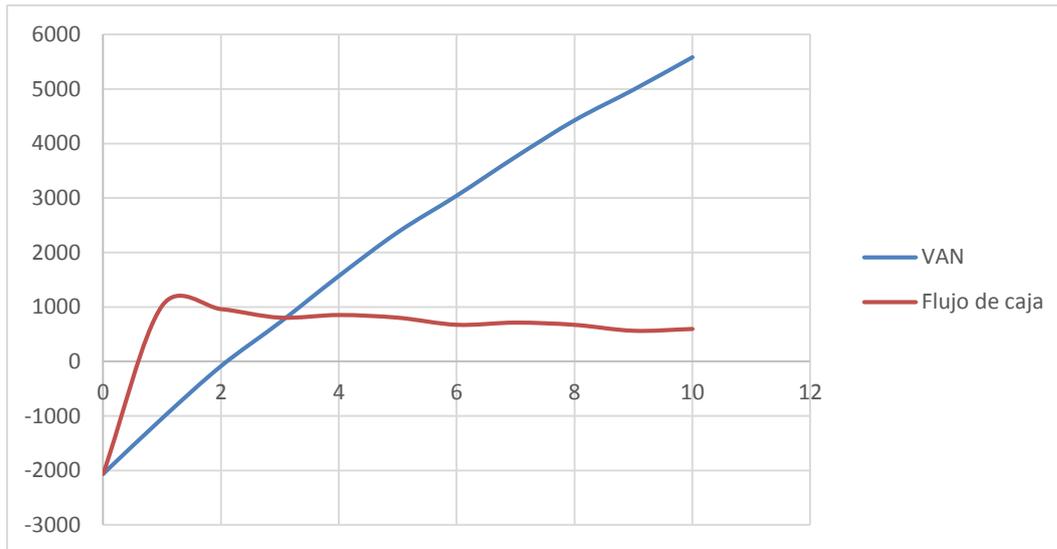


Figura 3.2. VAN para 30 seguidores de cabecera.

### 3.4. Pay-Back descontado (PB\*)

El Pay-Back descontado (PB\*) o plazo de recuperación descontado, es un criterio de valoración de inversiones que permite calcular el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial y comienza a obtener beneficios. Éste método tiene en cuenta la cronología de los distintos flujos de caja y los actualiza teniendo en cuenta el valor temporal del dinero.

El PB\* se puede calcular como:

$$I_0 = \sum_{i=0}^{PB^*} \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial,  $PB^*$  es el plazo de recuperación descontado,  $k$  es la tasa de actualización y  $Q_i$  es el flujo de caja en el periodo  $i$ .

#### 3.4.1. Pay-Back descontado para una planta con cuatro seguidores de cabecera.

O bien de la tabla 4 de manera analítica, o bien de la figura 50 de manera gráfica, se puede obtener el plazo de recuperación descontado. Se amortiza en 4,3 años, lo que quiere decir que a partir del año 5 únicamente se obtiene beneficio.

$$PB^* = 5 \text{ años}$$



### 3.4.2. Pay-Back descontado para una planta con 30 seguidores de cabecera.

Al igual que en el apartado 4.3.1 podemos obtener el plazo de recuperación o bien de la tabla 5 de manera analítica, o bien de la figura 51 de manera gráfica. Se amortiza en 2,1 años, lo que quiere decir que a partir del año 3 únicamente se obtiene beneficio.

$$PB^* = 3 \text{ años}$$

## 3.5. Tasa interna de retorno (TIR)

Se denomina tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad al tipo de interés,  $r$ , que hace que el VAN sea igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión a ese nivel de riesgo.

$$TIR = r \quad \text{tal que} \quad VAN(k=r) = 0$$

$$0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial,  $n$  es el número de periodos considerados,  $k$  es la tasa de actualización y  $Q_i$  es el flujo de caja en el periodo  $i$ .

### 3.5.1. Tasa interna de retorno para una planta con cuatro seguidores de cabecera.

Realizando el cálculo de la TIR mediante el proceso de prueba y error, se obtiene que el valor de  $k$  por el que el VAN es nulo es de 24,7 %.

Tenemos que  $r=24,7$  % que es un valor mayor a  $k=6,14$  %, por lo que el proyecto es realizable y rentable.

### 3.5.2. Tasa interna de retorno para una planta con 30 seguidores de cabecera.

Realizando el cálculo de la TIR mediante el proceso de prueba y error, al igual que en el apartado anterior, se obtiene que el valor de  $k$  por el que el VAN es nulo es de 50,3 %.

Tenemos que  $r=50,3$  % que es un valor mayor a  $k=6,14$  %, por lo que el proyecto es realizable y rentable.



Para terminar, se ha realizado un resumen para comparar los datos obtenidos en ambos casos.

	4 seguidores	30 seguidores
VAN <sub>10</sub>	486,00 €	5.580,69 €
PB*	5 años	3 años
TIR	24,7 %	50,3 %

Tabla 3.5. Resumen de análisis económico.

Se puede comprobar lo explicado en la introducción de este capítulo, aunque la inversión para una planta más grande sea mayor, se amortizará antes que las plantas pequeñas.



# Capítulo 4.

## Manual de Usuario.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





## Introducción

Este manual tiene como finalidad dar a conocer de una manera detallada y sencilla la página Web que se ha diseñado para la monitorización en tiempo real de instalaciones solares fotovoltaicas desde fijas a seguidores de doble eje, para que cualquier usuario pueda sacar el máximo partido de la misma.

Este manual está formado por cuatro capítulos:

Capítulo 1: Términos y definiciones. Se explican los términos necesarios para que cualquiera pueda entender este manual, sin tecnicismos.

Capítulo 2: Estructura de la Web. En este apartado se comentan las diferentes pestañas y desplegados de los que está formada la página Web.

Capítulo 3: Creación de objetos. En este capítulo se cuenta específicamente como crear todo tipo de objetos (usuarios, plantas, instalaciones, mini pc) y cómo asignar a cada uno su planta o usuario.

Capítulo 4: Funcionamiento diario. Hay dos partes bien diferenciadas, el funcionamiento del Centro de Control y los técnicos donde tienen que supervisar y controlar todas las instalaciones y, por otra parte, el funcionamiento para los propietarios, los cuales solo pueden visualizar sus plantas.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# **Sección 1.**

## **Términos y definiciones.**



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





**Contadores GSM:** Dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica y cuentan con un módem con tarjeta SIM para poder leer en remoto. En una instalación fotovoltaica se necesitan dos tipos de medida, de la energía consumida para servicios auxiliares y de la energía producida para vender, es decir, son contadores bidireccionales.

**Contadores TCP:** Dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica y se conectan mediante IP para leerlos en remoto.



Contador bidireccional.

**Curva de carga cuartohoraria:** Es la representación gráfica de cómo varía la demanda o carga eléctrica en el transcurso del tiempo.

**Energía Neta Generada:** La energía neta es la que queda en un proceso de obtención de energía después de gastar una cierta cantidad de energía en obtener la energía que al final queda útil y a disposición de la sociedad para su consumo.

**Instalación fotovoltaica:** Conjunto de varias series de paneles solares instaladas en varios seguidores o varias estructuras.

**Inventario:** Lista ordenada de bienes y cosas valorables. En este caso, el inventario es de preventivos.

**Mini Pc:** Es un ordenador que utiliza Linux y permite una experiencia consistente en cualquier pantalla o equipo de música, generalmente mediante un puerto HDMI, WiFi y conector de audio.

**Planta:** Conjunto de instalaciones.

**Potencia nominal:** Es la potencia máxima que demanda una máquina o aparato en condiciones de uso normales. En nuestro caso es la potencia del inversor.

**Potencia pico:** (de un elemento fotovoltaico) Máxima potencia eléctrica que éste puede generar bajo las condiciones estándares de medida (Irradiancia:  $1000 \text{ W/m}^2$ , Temperatura:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). En nuestro caso es la potencia en paneles.



**Ratio Energía:** Relación cuantificada entre magnitudes de energía que refleja su proporción. Se utiliza para comparar en términos absolutos la producción de varias plantas y así detectar averías en instalaciones iguales. Se mide en horas de producción equivalentes.

**Ratio Potencia Pico:** Relación cuantificada entre potencias pico que refleja su proporción. Se utiliza para comparar instalaciones de diferente potencia pico.

**Seguidor solar:** Dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares.



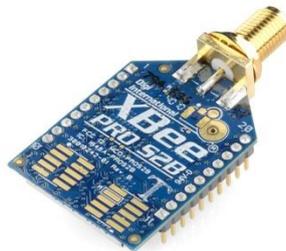
Seguidor solar.

**Seguidor solar de cabecera:** Tiene un autómata maestro en el que realizan los cálculos para enviar o recibir información de los demás seguidores solares.

**Servicios auxiliares:** Son los servicios para los cuales se consume una pequeña parte de la energía generada. Por ejemplo, para el router de internet, para las cámaras, luces de la planta.

**Sistema de monitorización:** Es un sistema capaz de obtener información del entorno donde se instalan para su posterior análisis. En este caso, para supervisar el funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas.

**XBee:** Pequeños dispositivos que pueden comunicarse entre sí de manera inalámbrica en una red mallada.



XBee.



## **Sección 2.**

# **Estructura de la Web.**



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





La página WEB es <https://solar.obratel.com/login>

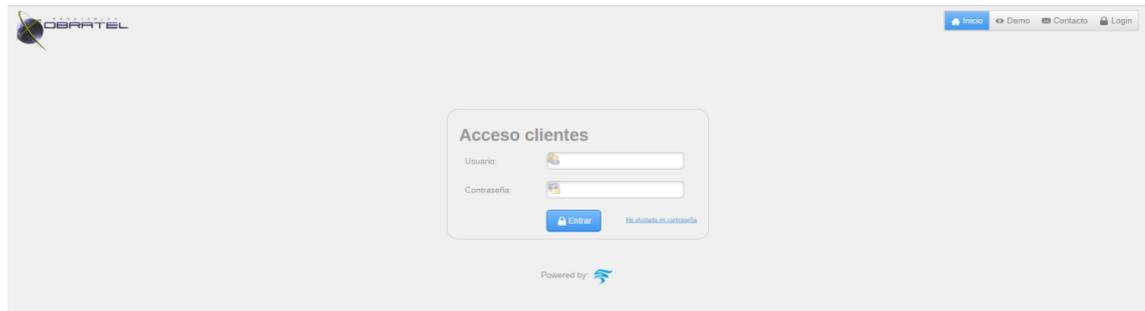


Figura 4.1. Página WEB.

Una vez dentro como Administrador (Centro Control), como se ve en la figura 4.2, en la esquina de arriba a la derecha, tenemos las opciones:

- Inicio
- Admin:
  - Usuarios
  - Plantas
  - Instalaciones
  - Resúmenes
  - Mini Pc
  - Datos CSV
  - Contador GSM
  - Contador TCP
  - Accesos
  - IEC 870-5-120
  - XBee
  - Seguidores
- Plantas
- Gráficas:
  - Configuración
  - Tickets
  - Pantallas
  - Informes
  - Histórico
  - Inventario
- Desconectar



## 2.1. Inicio

La página Web tiene una pantalla de inicio donde se encuentran distintas ventanas. Estas ventanas muestran, entre otras cosas, los contadores sin leer ese día, todos los contadores, los preventivos, incidencias en equipos y producciones. En definitiva, se muestra un resumen del estado de las plantas, los equipos.

Las ventanas se pueden poner y quitar, incluso mover por la pantalla de inicio para poder ajustarlo a las necesidades de los usuarios.

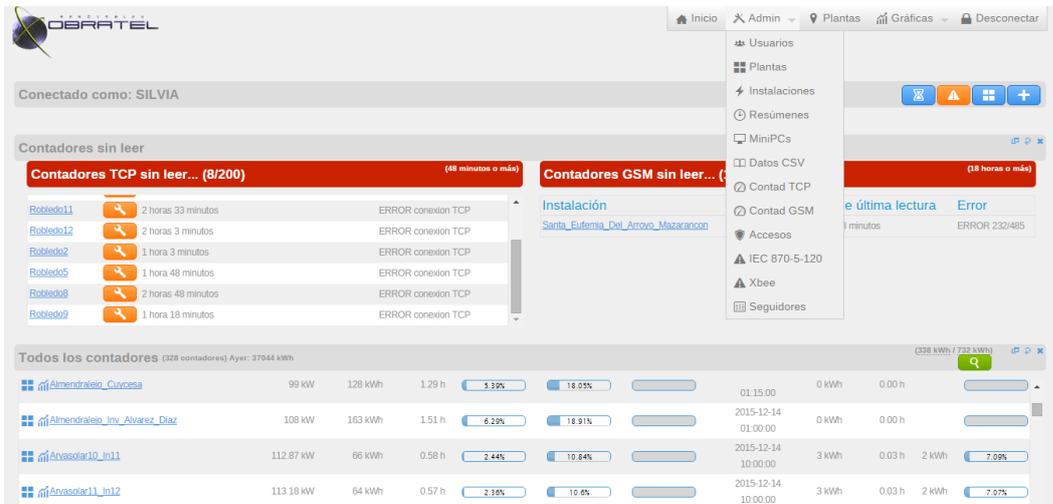


Figura 4.2. Página de Inicio.



Figura 4.3. Datos contador.

Los datos que nos aparecen en la página de Inicio son del contador. “Pot pico” es la potencia pico de la instalación. “Ayer” es la energía producida el día anterior. “Ratio energía” son las horas de producción equivalentes del día anterior, se obtiene dividiendo “Ayer” entre “Pot pico”. “Ratio potencia” es el porcentaje de la energía generada en 24 horas entre la potencia pico. “Máxima” es el porcentaje respecto a la mayor energía desde que tenemos lecturas. “PR” es el performance ratio (no se utiliza) que es la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal teórico de la instalación. “Última lectura” es la fecha y hora de la última lectura de la instalación. El segundo “Ratio energía” que tenemos son las horas de producción equivalentes que lleva el día de hoy. “15 min” es la producción de los últimos 15 minutos. El



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



segundo “Ratio potencia” es el porcentaje de energía generada en horas del día de hoy entre la potencia pico.

The screenshot displays a dashboard with three main sections:

- Incidentes de equipos (21):** A list of equipment incidents with columns for 'Instalación' and 'Alarma'. It shows messages like 'Más de 1 días sin lecturas (ERROR 232/485)' and 'Mota del Marques\_Huerta/Mota del Marques\_1\_Crima\_Solar/216 Otros OCA'S CT OCA'S CT: La fecha de revisión de preventivos ha vencido.'
- Incidentes de producción (48):** A list of production incidents with columns for 'Instalación', 'Alarma', and 'Acciones'. It shows messages like '2015-12-13 Producción menos del 85% (84.92%) que la máxima de la planta (Nueve\_Lunas\_Villardefrades\_16C)'.
- Aviso preventivos (23):** A table with columns for 'Días', 'Instalación', and 'Equipo'. It lists upcoming maintenance dates, such as 'Necesaria hace 156 días' for 'Coreses\_8\_F\_Pena\_SL'.

Figura 4.4. Página de Inicio 2.

Las ventanas que aparecen en la figura 4.4 nos muestran de un vistazo algunas incidencias o avisos. La ventana “Incidentes de equipos” nos muestra el tiempo sin lecturas de una instalación o los preventivos, que se explican más adelante, que ya han pasado la fecha. En la ventana “Incidentes de producción” nos aparecen las instalaciones que han producido menos del 85% que la máxima de la planta. Por último, en la ventana de “Aviso preventivos” nos indica los días que quedan para que le preventivo se cumpla o los días que han pasado desde que se tenía que haber cumplido.

Si nos vamos a la ventana de alarmas, nos aparecen todas las alarmas (de giro, elevación, producción) y los “fin de alarma”.

Planta	Instalación	Fecha	Seguidor	Alarma
Bercero_Huerto	Bercero_3_Vventhal_SL	2015-12-12 10:15:37	seg07	(11) Fin avería de giro
Bercero_Huerto	Bercero_3_Vventhal_SL	2015-12-12 09:01:31	seg07	(10) Avería de giro
Bercero_Huerto	Bercero_3_Vventhal_SL	2015-12-12 07:19:47	seg07	(10) Avería de giro
Bercero_Huerto	Bercero_3_Vventhal_SL	2015-12-12 07:19:47	seg07	(10) Avería de giro
Bercero_Huerto	Bercero_3_Vventhal_SL	2015-12-10 14:41:07	seg01	(51) Fin parada inversor
Bercero_Huerto	Bercero_3_Vventhal_SL	2015-12-10 14:38:03	seg01	(50) Parada inversor
Bercero_Huerto	Bercero_1_T_N_Castilla_SL	2015-12-10 07:01:11	seg05	(11) Fin avería de giro
Bercero_Huerto	Bercero_1_T_N_Castilla_SL	2015-12-10 06:40:40	seg04	(11) Fin avería de giro
Bercero_Huerto	Bercero_1_T_N_Castilla_SL	2015-12-10 05:25:53	seg04	(11) Fin avería de giro

Figura 4.5. Ventana alarmas.

## 2.2. Admin

Desde esta pestaña se pueden ver los usuarios, plantas, instalaciones que hay registrados en la página. Como vemos en la figura 4.2, tenemos el desplegable donde aparecen todas las opciones dentro de esta pestaña.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Si “pinchamos” en Admin directamente aparece un pequeño resumen de los usuarios, instalaciones que caducan o no caducan (fecha de caducidad del contrato de mantenimiento), usuarios sin instalaciones.

The screenshot shows the 'Admin' section of the Obratel system. It features several panels:

- Usuarios (157):** A table listing users with columns for 'Ed', 'Usuario', 'Correo', 'Rol', 'Pot.', 'Instalac.', and 'Envíos'. Each user entry includes a small summary of their installation status.
- Caducidad de instalaciones (0):** A section for managing installations that are about to expire.
- Instalaciones que no caducan (310):** A list of installations that are not expiring, with an 'Añadir' button for each.
- Contratos de instalaciones (0):** A section for managing installation contracts.
- Usuarios SIN INSTALACIONES (3):** A list of users who do not have any installations.

Figura 4.6. Resumen Admin.

### 2.2.1. Usuarios

Podemos ver todos los usuarios. A la derecha de cada usuario tenemos las opciones editar, editar instalaciones y borrar.

The screenshot shows the 'Administración de Usuarios (168)' page. It includes a search bar and a table of users with the following columns:

Id	Username	Email	Skin	Permisos	Último acceso	Num entradas	Acciones
1	mario	mario@mvskada.com	obratel	admin	2015-12-14 08:56:26	182	[Edit] [Add] [Delete]
3	demo (0)	demo@mvskada.com	obratel	client	2015-11-09 08:17:21	1577	[Edit] [Add] [Delete]
4	informatico	informatico@mvskada.com	obratel	admin	2015-12-14 08:19:33	307	[Edit] [Add] [Delete]
5	marcos	marcos@mvskada.com	obratel	admin	2015-12-11 17:56:05	17	[Edit] [Add] [Delete]
6	dani	daniel.arranz@zenerlan.com	obratel	admin	2015-12-14 08:08:49	153	[Edit] [Add] [Delete]
7	control	centrocontrol@obratel.com	obratel	admin	2015-12-14 08:42:05	184	[Edit] [Add] [Delete]
10	Client (0)	client@client.com	obratel	client	2015-07-09 14:01:57	5	[Edit] [Add] [Delete]

Figura 4.7. Administración de usuarios.



Una vez guardado tenemos que asignar a cada propietario su instalación. Al lado de cada usuario sale un icono (editar instalaciones) con el que se asignan las instalaciones correspondientes a los propietarios. Se pueden asignar varias instalaciones a un usuario, o una instalación a varios usuarios.

Cada usuario ya puede entrar en la página y ver el estado de sus instalaciones. Al crear el usuario se le asigna una contraseña creada aleatoriamente que ellos mismos pueden cambiar cuando quieran y las veces que quieran. Desde el Centro de Control se puede modificar en cada usuario la contraseña, el identificador, el correo y los tipos de correos que se envían (diario, semanal, mensual), en la opción editar que se encuentra en la parte derecha de la pantalla.

### 2.2.2. Plantas

Nos muestra las plantas que ya han sido registradas desde el Centro de Control.

Una vez creada la planta podemos ver los datos introducidos en la parte de la derecha, así como editarla, ocultarla o borrarla.

ID	Nombre	Código meteo	Código iframe	Acciones
Villar_1	Villardefrades	47223	villardefrades-id47223	[Edit] [Info] [Delete]
demo_1	demo	34098	magaz-de-pisuerga-id34098	[Edit] [Info] [Delete]
Villalp_1	Villalpando	49250	villalpando-id49250	[Edit] [Info] [Delete]
Fuende_el_Sol_Huerta	Fuente_El_Sol	47067	fuelle-el-sol-id47067	[Edit] [Info] [Delete]
Pozoantiguo_Huerta	Pozoantiguo	49163	pozoantiguo-id49163	[Edit] [Info] [Delete]
Mota_del_Marques_Huerta	Mota	47097	mota-del-marques-id47097	[Edit] [Info] [Delete]
Mota_del_Marques_Raimundo	Mota_del_Marques	47097	mota-del-marques-id47097	[Edit] [Info] [Delete]

Figura 4.8. Administración de plantas.

### 2.2.3. Instalaciones

Las instalaciones, al ser creadas, tienen que asignarse a una planta. Una vez que tenemos las instalaciones, en la columna 3 (Pueden Verlas), se le asigna un usuario creado con anterioridad.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



ID A V	Caduca A V	Pueden verla	Tipo A V	Localización A V	Nominal A V	Piso A V	Num serie A V	HASH A V	Coef	C2 Ino A V	Editar
Abanilla10_PA_Lorenzo_Callejas	0000-00-00		EV	Abanilla	40	46.2	501402462	433606499aaa795040a0e21230cf e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	
Abanilla11_Moralejo	0000-00-00		EV	Abanilla	40	46.2	8857	433606499aaa795040a0e21230cf e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	
Abanilla1_F_MAESTRE	0000-00-00		EV	Abanilla	80	93	501412765	8281a82032868096422c1e638e e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	
Abanilla2_Moralejo	0000-00-00		EV	Abanilla	80	92.48	501412769	8281a82032868096422c1e638e e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	
Abanilla3_R_Maestre	0000-00-00		EV	Abanilla	80	93	501400507	8281a82032868096422c1e638e e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	
Abanilla4 JM_GONZALEZ	0000-00-00		EV	Abanilla	80	93	12768	43360713c1559a0c19c093b040e1 e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	
Abanilla5_JF_Marco_Disla	0000-00-00		EV	Abanilla	80	93	12766	8281a82032868096422c1e638e e059a72b30cc0c0e39a3b2b39bca3	85%	0	

Figura 4.9. Instalaciones creadas.

### 2.2.4. Resúmenes

Una vez que tenemos las instalaciones creadas y asignadas, podemos ver un resumen diario de las últimas lecturas y el último envío de informes. Si el informe no se envía correctamente se puede reenviar desde esta parte de la web.

Instalación	Último envío	Última lectura	Reenviar
Campo_de_Cuellar_1_Navales_SL	2015-08-31 00:00:00	2015-08-31 01:00:00	<input type="checkbox"/> !
Casaseca_de_Campean_2_Pinos_Solar	2015-10-14 00:00:00	2015-10-27 09:00:00	<input type="checkbox"/> !
Villalp_9_Saimero	2015-10-17 00:00:00	2015-10-27 13:00:00	<input type="checkbox"/> !
Robledo10	2015-10-21 00:00:00	2015-10-27 18:45:00	<input type="checkbox"/> !
Robledo11	2015-10-23 00:00:00	2015-10-27 16:00:00	<input type="checkbox"/> !
Robledo7	2015-10-23 00:00:00	2015-10-27 16:15:00	<input type="checkbox"/> !
Robledo8	2015-10-23 00:00:00	2015-10-27 16:30:00	<input type="checkbox"/> !
Zamora_1_J_L_Moralejo	2015-10-24 00:00:00	2015-10-27 16:15:00	<input type="checkbox"/> !
Zamora_2_J_L_Moralejo	2015-10-24 00:00:00	2015-10-27 16:15:00	<input type="checkbox"/> !
Robledo9	2015-10-25 00:00:00	2015-10-27 17:00:00	<input type="checkbox"/> !
Abezames_J_Martin_Manso	2015-10-26 00:00:00	2015-10-27 10:00:00	<input type="checkbox"/> !
Alaejos1_1_E_Moro	2015-10-26 00:00:00	2015-10-27 09:15:00	<input type="checkbox"/> !
Alaejos2_1_SolvivianoSL	2015-10-26 00:00:00	2015-10-27 10:15:00	<input type="checkbox"/> !
Alaejos2_2_SolvivianoSL	2015-10-26 00:00:00	2015-10-27 10:00:00	<input type="checkbox"/> !

Figura 4.10. Resúmenes.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



### 2.2.5. Mini Pc

La siguiente opción de Admin es MiniPCs. Se pueden visualizar los Mini Pc que ya se han instalado en la planta. Se pueden reiniciar, apagar o borrar en la parte derecha.

**Administración de MiniPCs (2)**

Nombre	Planta	IP local	IP pública	IP VPN	Último push	Versión	Uptime	Estado	Acciones
oficina-obratel	OficinaObratel	192.168.30.89	62.14.230.211	10.100.0.14	00:24:02	mv-20151104-1838	8d 03h:34m:57s	✓	Reiniciar, Apagar, Borrar, Actualizar datos
bercero	Bercero_Huerto	192.168.0.7	88.210.166.6	10.100.0.10	00:24:06	mv-20151111-2350	1d 04h:53m:21s	✓	Reiniciar, Apagar, Borrar, Actualizar datos

**Conexiones OpenVPN activas (3)**

Nombre certificado	IP pública	IP VPN	Datos enviados	Datos recibidos	Desde	Hasta	Última reconexión
oficina-obratel	62.14.230.211	10.100.0.14 (10.100.0.14)	26206.04 KB	408438.11 KB	Wed Nov 4 13:03:22 2015	Thu Nov 12 16:00:03 2015	
mvoficina	79.151.174.229	10.100.0.6 (10.100.0.6)	356357.39 KB	24208.77 KB	Mon Nov 2 17:09:16 2015	Thu Nov 12 16:00:03 2015	
bercero	88.210.166.6	10.100.0.10 (10.100.0.10)	2103.11 KB	2045.58 KB	Wed Nov 11 11:40:25 2015	Thu Nov 12 12:22:10 2015	

Figura 11. Administración MiniPCs.

Al conectar el Mini Pc en el ordenador aparece automáticamente y simplemente hay que ponerle el nombre que queramos y asignarle la planta donde se va a instalar.

### 2.2.6. Datos CSV

En esta parte de la página Web podemos descargar datos en formato CSV.

### 2.2.7. Contador GSM

Los contadores GSM son los que tienen un módem con una tarjeta SIM. Los datos que aparecen son los introducidos al crearlos. Los contadores pueden ser editados o borrados.

**Administración de contadores GSM (119)**

Instalación	Caduca	Telef	Dir enlace	Serie	Última lectura	Estado	AUTO	Remoto	Editar
Mota_del_Marques_1_Crima_Solar		630500996	5197 1 7	✓ 5197	8 horas 12 minutos 15 segundos	2015-10-27 09:35:10 OK last num=B2	✓	10.10.0.114	🗑️
Mota_del_Marques_2_Prierga_Solar		630500996	5193 1 7	✓ 1505193	8 horas 27 minutos 15 segundos	2015-10-27 09:16:53 OK last num=B3	✓	10.10.0.114	🗑️
Mota_del_Marques_3_F_D_Mielgo		630500996	5206 1 7	✓ 1505206	8 horas 42 minutos 15 segundos	2015-10-27 09:08:24 OK last num=125	✓	10.10.0.114	🗑️
Mota_del_Marques_4_F_C_Allende		630500996	5203 1 7	✓ 1505203	7 horas 27 minutos 15 segundos	2015-10-27 10:20:08 OK last num=B1	✓	10.10.0.114	🗑️
Mota_del_Marques_5A_P_R_Mielgo		630500996	5199 1 7	✓ 1505199	8 horas 12 minutos 15 segundos	2015-10-27 09:33:53 OK last num=B3	✓	10.10.0.114	🗑️
Mota_del_Marques_5B_E_M_F_Torio		630500996	10158 1 7	✓ 1710158	6 horas 42 minutos 15 segundos	2015-10-27 11:14:13 OK last num=B0	✓	10.10.0.114	🗑️
Mota_del_Marques_5C_J_L_Moralejo		630500996	2830 1 7	⚠️ 2830	7 horas 27 minutos 15 segundos	2015-10-27 10:23:06 OK last num=B1	✓	10.10.0.114	🗑️

Figura 4.12. Contadores GSM.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



### 2.2.8. Contador TCP

Este tipo de contadores están conectados a internet, por eso aparece su IP y puerto. Como los contadores GSM, también se pueden editar y borrar.

Instalación	Caduca	Tipo	IP	Puerto	Dir	Serie	Última lectura	Estado	AUTO	Remoto	Editar
J_I_Tobalina_Villardefrades_1A		contador	87.111.221.172	40000	11432 7	11432	11 minutos 32 segundos	2015-10-27 17:32:03 OK last num=1	✓	!	✎ ✕
R_Deza_Villardefrades_1B		contador	87.111.221.172	40000	1772 7	1772	11 minutos 32 segundos	2015-10-27 17:32:06 OK last num=1	✓	!	✎ ✕
P_Sastre_Villardefrades_1C		contador	87.111.221.172	40000	10858 7	10858	11 minutos 32 segundos	2015-10-27 17:32:08 OK last num=1	✓	!	✎ ✕
J_L_Diaz_Villardefrades_2A		contador	87.111.221.172	40000	11449 7	11449	11 minutos 32 segundos	2015-10-27 17:32:11 OK last num=1	✓	!	✎ ✕
P_M_Gomez_Villardefrades_2B		contador	87.111.221.172	40000	1546 7	1546	11 minutos 32 segundos	2015-10-27 17:32:14 OK last num=1	✓	!	✎ ✕
F_Pastrian_Villardefrades_2C		contador	87.111.221.172	40000	10854 7	10854	11 minutos 32 segundos	2015-10-27 17:32:17 OK last num=1	✓	!	✎ ✕

Figura 4.13. Contadores TCP.

### 2.2.9. Accesos

También se puede ver el acceso de los clientes en la pestaña Accesos.

Fecha	Dominio	IP	Usuario	Texto
2015-10-27 17:41:27	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	managerdata (skin=obratel)
2015-10-27 16:38:25	solar.obratel.com	88.7.242.97	MA_Martinez	Logout
2015-10-27 16:37:28	solar.obratel.com	88.7.242.97	MA_Martinez	Login OK
2015-10-27 16:35:11	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	inventario main
2015-10-27 16:29:38	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Informes run (2015 9) num=1 Alaejos1_2_R_Moro
2015-10-27 16:20:23	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Informes main
2015-10-27 16:27:38	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Config detalle "
2015-10-27 16:27:22	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Config
2015-10-27 16:25:09	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Config
2015-10-27 16:16:27	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Planta Puras
2015-10-27 16:13:22	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	IEC870 87.111.17.21 10002 5936 1 1
2015-10-27 16:04:47	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	managerdata (skin=obratel)
2015-10-27 15:54:47	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Login OK
2015-10-27 15:54:44	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	Logout
2015-10-27 14:36:30	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	enable/disable contadores enabled = 1 (inst_id=Robledo2)
2015-10-27 14:36:30	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	enable/disable contadores enabled = 1 (inst_id=Robledo1)
2015-10-27 14:36:26	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	enable/disable contadores enabled = 1 (inst_id=Robledo3)
2015-10-27 14:36:25	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	enable/disable contadores enabled = 1 (inst_id=Robledo4)
2015-10-27 14:36:23	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	enable/disable contadores enabled = 1 (inst_id=Robledo5)
2015-10-27 14:36:22	solar.obratel.com	2.139.248.143	control	enable/disable contadores enabled = 1 (inst_id=Robledo10)

Figura 4.14. Accesos a la página.



### 2.2.10. IEC 870-5-120

Además de las lecturas que se hacen, desde la página Web se puede realizar una prueba de lectura de los contadores y nos devuelve las dos últimas lecturas de ese contador.

**Prueba lectura contadores**

Seleccionar uno  
Coreses\_8\_F\_Pena\_SL

IP externa o nombre de equipo \*  
67.111.209.45

Puerto \*  
40000

Dirección de enlace \*  
21946

Punto de medida \*  
1

Contraseña \*  
7

Fecha

Hora

Probar lectura

**Resultado**

Número de serie del contador = 388021946  
Fecha y hora del contador = 27/10/2015 17:44:05.160  
Curva de carga 2 a las 17:00 de hoy (27/10/15 17:00)  
[2015-10-27 17:00:00] generada=1297831 consumida=6853  
r1=994 r2=41581 r3=19576 r4=28298  
[DEBUG] Error leyendo potencia  
Lectura en tiempo real ahora [2015-10-27 17:44:00] generada=1297837 consumida=6853  
r1=994 r2=41582 r3=19576 r4=28298

Figura 4.15. Prueba lectura de contadores.

Al seleccionar un contador del desplegable se rellenan automáticamente los demás campos (IP externa, puerto, dirección de enlace, punto de medida y contraseña). Se pulsa Probar Lectura y en el recuadro de debajo se obtiene el resultado.

### 2.2.11. XBee

En la pestaña Admin tenemos, por último, la opción XBee. Ahí es donde se puede mandar órdenes a las XBee.

**Debug xbee**

IP:  MMSPCS

Xbee: 000000000000fff Xbee registrado

Petición: Elige uno

Comando: Elige uno

Petición manual:

Ejecutar Calcular hora MMS

Respuesta Xbee

mmscada.log

Figura 4.16. Debug XBee.



Para mandar alguna orden a una XBee, se elige el Mini PC donde está conectada, se mete el código de la orden en petición manual (si el código es 0x00000000FFFF la orden se manda a todas las XBee conectadas al Mini PC elegido) y se pulsa Ejecutar.

Otra opción es elegir un comando de la pestaña “Comandos” y se ejecuta.

### 2.2.12. Seguidores

Nos aparecen todos los seguidores registrados hasta el momento.

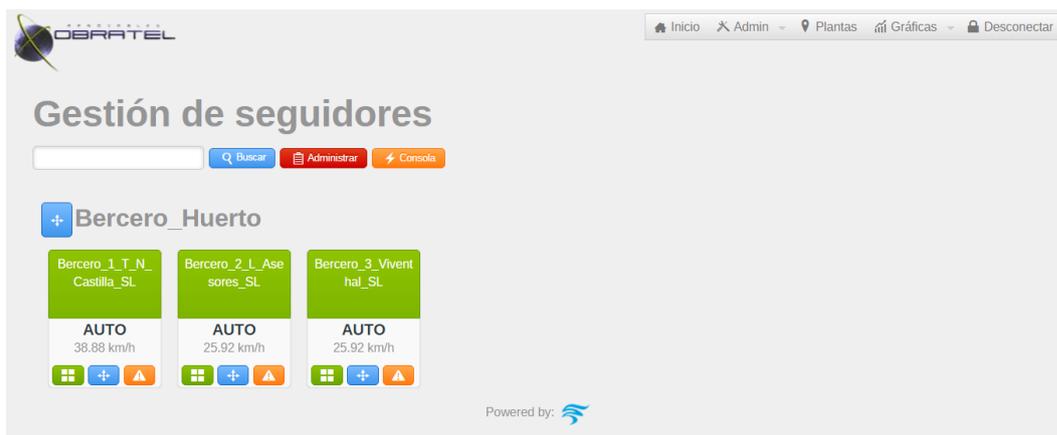


Figura 4.17. Seguidores.

Si queremos mover los seguidores de la planta entera hay que pulsar el “cuadradito” azul que está al lado del nombre de la planta.

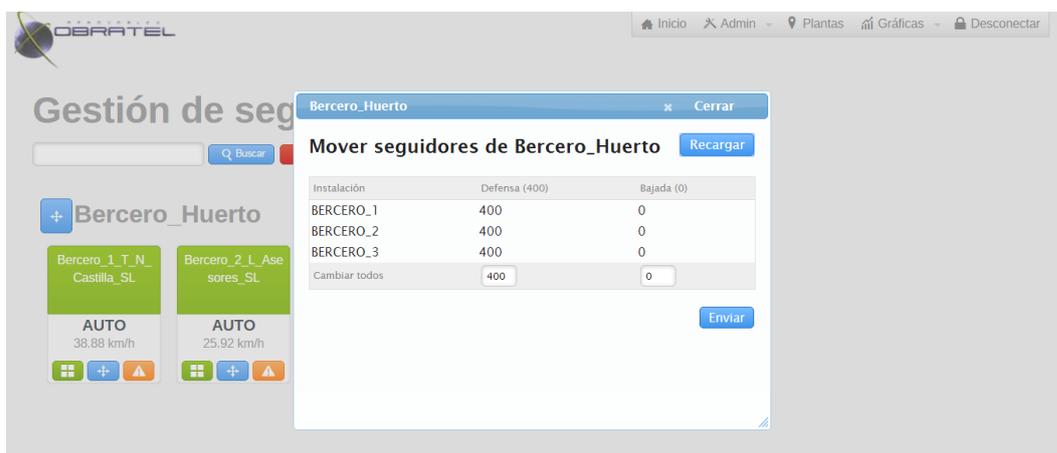


Figura 4.18. Mover seguidores planta entera.

El número que aparece en defensa (en este caso, 400) son los grados en los que están situados los seguidores. Si es un 400 significa que está en modo automático. El otro número, bajada, puede ser 0 o 1, 0 si no está bajado, 1 si el seguidor está bajado.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Para cada serie de seguidores, tenemos el botón verde para ver posiciones y producciones, el botón azul para mover solo una serie de seguidores y el botón naranja para ver las alarmas de esa instalación.

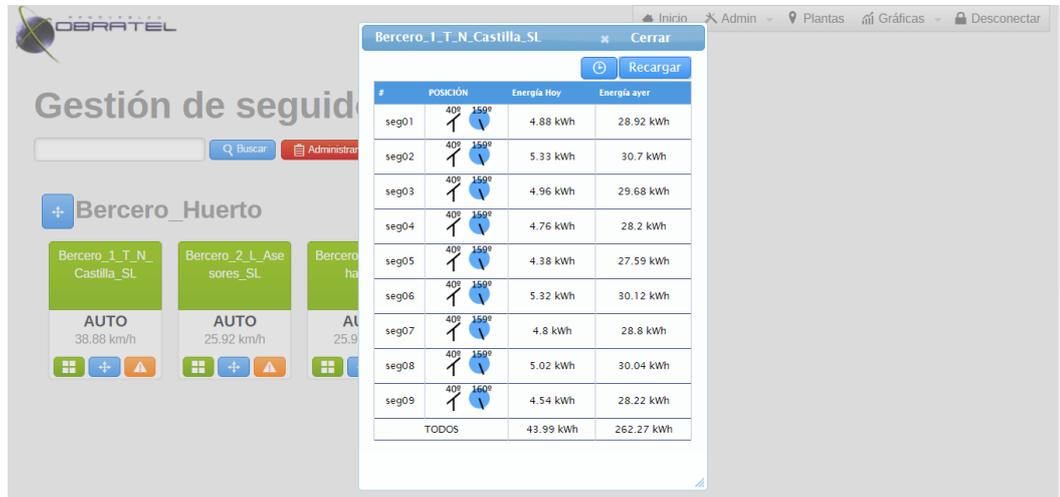


Figura 4.19. Posiciones y producciones serie seguidores.



Figura 4.20. Mover una serie de seguidores.



## 2.3. Plantas

En la opción Plantas:

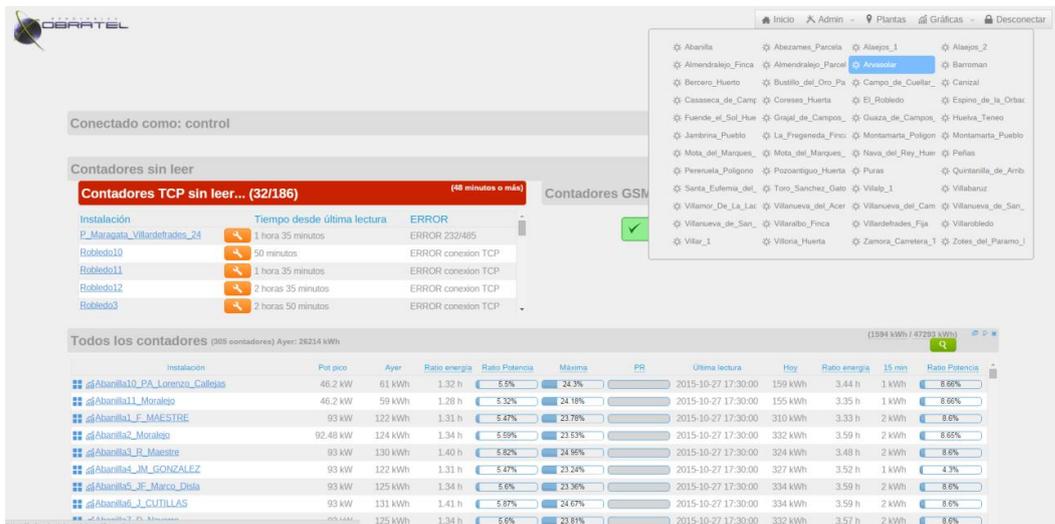


Figura 4.21. Plantas.

Desde esa pestaña se pueden elegir las plantas directamente. Si pulsamos directamente en plantas nos aparece un mapa de España.



Figura 4.22. Mapa España.

En la opción plantas nos sale una pantalla con todas las plantas para seleccionar la que queramos. Podemos ver algunos datos de localización de la planta.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

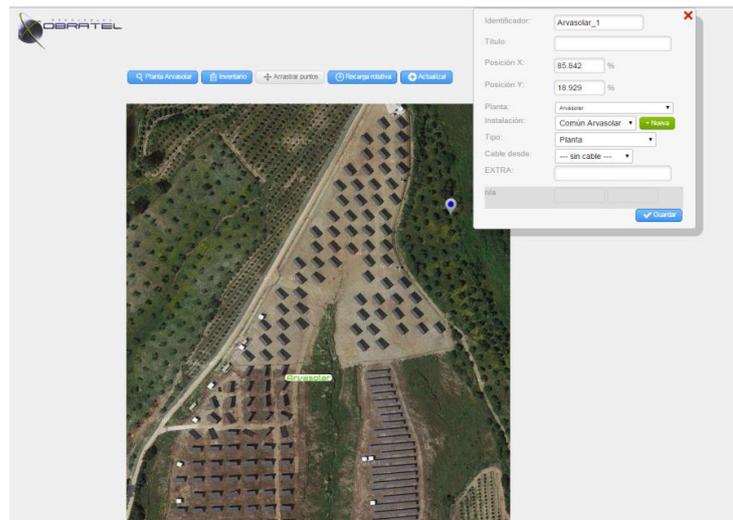


Figura 4.23. Planta seleccionada.

Las plantas que ya tengan montados los equipos de monitorización aparecerán de la siguiente forma, con los seguidores de cabecera y los contadores.

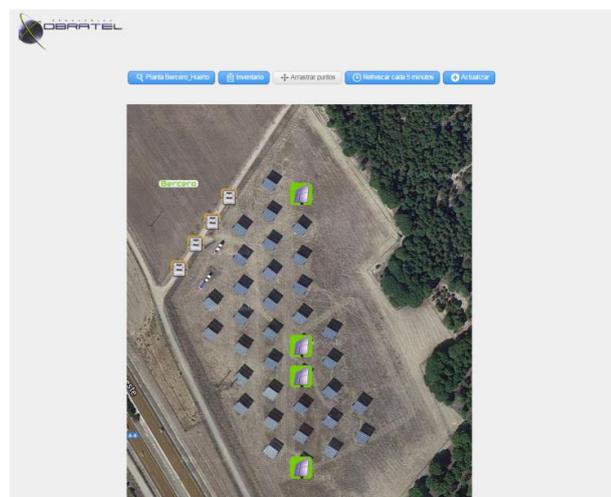


Figura 4.24. Planta con equipos.

Si seleccionamos un seguidor nos aparecen los datos de giro, elevación y producción de la serie entera de ese seguidor de cabecera. Y si seleccionamos un contador nos aparecen los datos de dicho contador.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

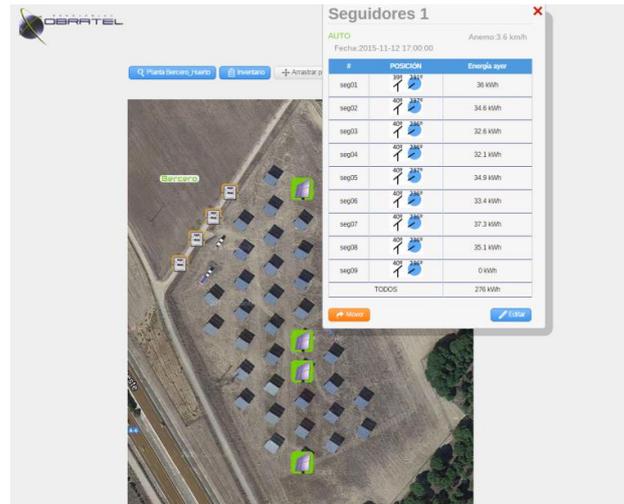


Figura 4.25. Datos de serie de seguidores.

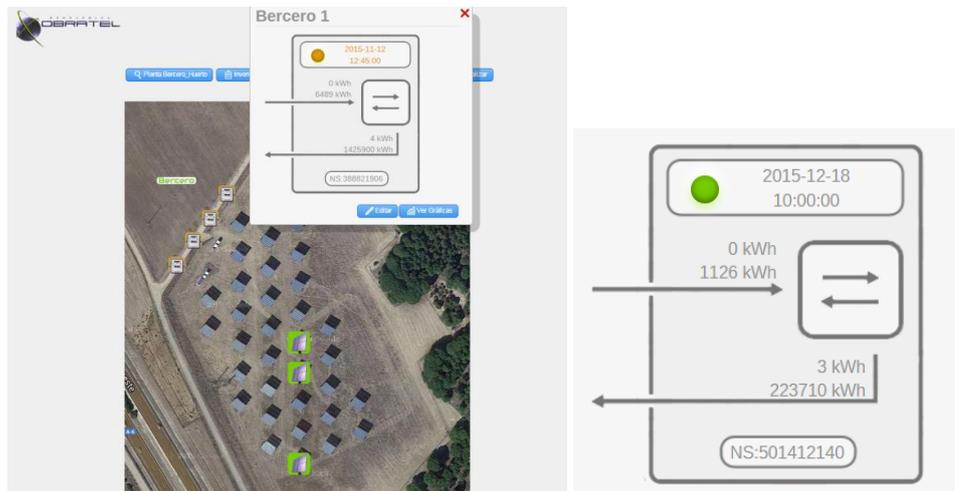


Figura 4.26. Datos contadores.

Como vemos en la figura 4.26, tenemos dos energías generadas y dos consumidas. Las cantidades mayores son las energías generadas y consumidas totales, mientras que las otras son las energías generadas y consumidas en los últimos 15 minutos.



## 2.4. Graficas

### 2.4.1. Gráficas

Al pulsar la pestaña Gráficas aparece automáticamente una ventana con todas las instalaciones. Se pueden elegir todas las instalaciones que se quieran a la vez, para comparar gráficas, aunque para poder comparar plantas entre sí tienen que estar cerca geográficamente.

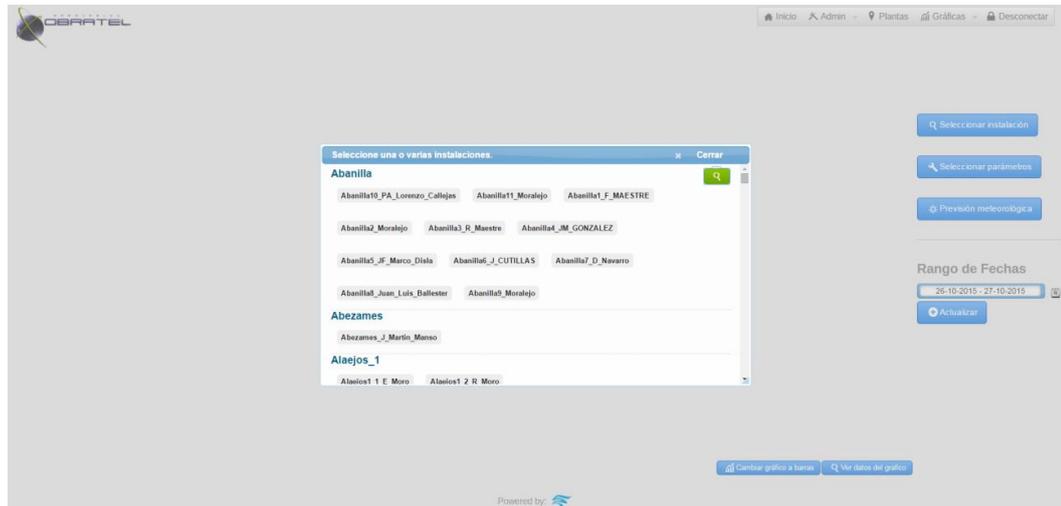


Figura 4.27. Inicio Gráficas.

Una vez elegidas las instalaciones, se selecciona la fecha, ya sea un día o varios. También se pueden elegir los distintos parámetros a representar, energía generada, energía acumulada, ratio potencia pico, ratio energía, energía neta acumulada, etc.

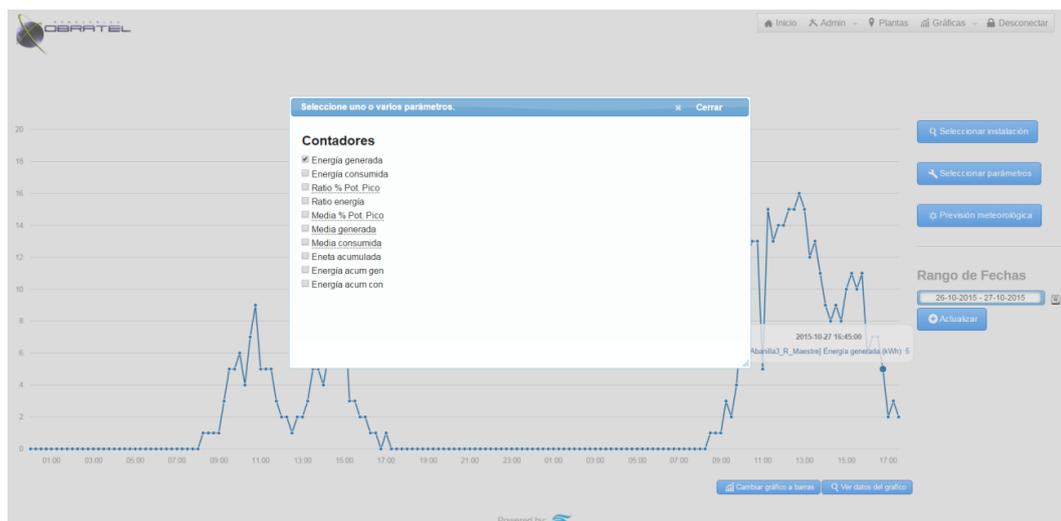


Figura 4.28. Parámetros de las gráficas.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Pulsando Ver datos gráfica, obtenemos los datos y se pueden descargar en formato Excel. De los contadores TCP se obtienen los datos cuartohorarios y de los contadores GSM son horarios.

### 2.4.2. Configuración

Podemos cambiar algunos datos de las plantas en “Configuración”. Se elige la planta y aparecen algunos datos automáticamente, se puede cambiar el usuario y contraseña del “Usuario” asignado a dicha planta.

The screenshot shows the 'Configuración' page for a solar plant. It includes sections for 'Datos de su cuenta' (Account Data) and 'Envío de correos electrónicos' (Email Notifications). The account data section shows fields for 'Usuario' (User) and 'Contraseña actual' (Current Password). The email notifications section has checkboxes for 'Alertas', 'Tickets', 'Diarios', 'Semanales', and 'Mensuales', along with a 'Cambiar envío' (Change Send) button.

Figura 4.29. Configuración plantas.

### 2.4.3. Tickets

Podemos ver avisos como tiempo sin producción de una planta o tiempo sin lectura.

The screenshot shows the 'Tickets (39)' page. It features a table with the following columns: 'Incidente', 'Acciones', 'Instalación', 'Estado', 'Abierto', 'Cerrado', and 'Información'. The table lists various incidents, such as 'P\_Maragata\_Villardefrades\_24', 'Robledo11', and 'Villanueva\_Aceral\_2\_Lantra', with their respective states and descriptions.

Incidente	Acciones	Instalación	Estado	Abierto	Cerrado	Información
2015-11-12_15-20-01_P_Maragata_Villardefrades_24		P_Maragata_Villardefrades_24	abierto	2015-11-12 15:20:01		Más de 5 horas sin lecturas (ERROR 232485)
2015-11-12_14-20-01_Robledo11		Robledo11	abierto	2015-11-12 14:20:01		Más de 5 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)
2015-11-12_13-15-00_Villanueva_Aceral_2_Lantra		Villanueva_Aceral_2_Lantra	abierto	2015-11-12 15:20:01		2015-11-12 13:15:00 Dos horas sin producción
2015-11-12_11-15-00_Villanueva_Aceral_2_Lantra		Villanueva_Aceral_2_Lantra	abierto	2015-11-12 15:20:01		2015-11-12 11:15:00 Dos horas sin producción
2015-11-12_11-15-00_E_S_Ramos_Fuente_el_Sol_3		E_S_Ramos_Fuente_el_Sol_3	abierto	2015-11-12 11:20:01		2015-11-12 11:15:00 Dos horas sin producción
2015-11-12_10-20-01_Santa_Eufemia_Del_Arroyo_Mazaranon		Santa_Eufemia_Del_Arroyo_Mazaranon	abierto	2015-11-12 10:20:01		Más de 1 días sin lecturas (ERROR 232485)
2015-11-11_10-20-01_Robledo9		Robledo9	abierto	2015-11-11 10:20:01		Más de 15 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)
2015-11-11_10-20-01_Robledo8		Robledo8	abierto	2015-11-11 10:20:01		Más de 14 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)
2015-11-11_10-20-01_Robledo6		Robledo6	abierto	2015-11-11 10:20:01		Más de 14 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)
2015-11-11_10-20-01_Robledo5		Robledo5	abierto	2015-11-11 10:20:01		Más de 14 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)
2015-11-11_10-20-01_Robledo4		Robledo4	abierto	2015-11-11 10:20:01		Más de 15 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)
2015-11-11_10-20-01_Robledo3		Robledo3	abierto	2015-11-11		Más de 16 horas sin lecturas (ERROR conexión TCP)

Figura 4.30. Tickets.



#### 2.4.4. Pantallas

Se pueden crear pantallas para el inicio.

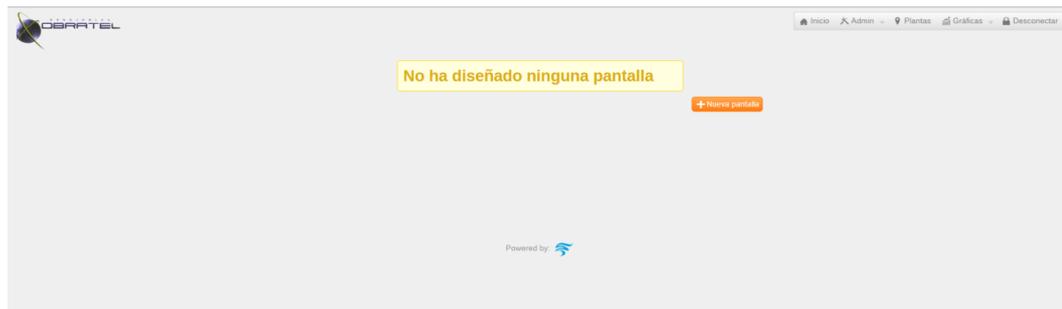


Figura 4.31. Pantallas.

#### 2.4.5. Informes

Los informes se envían automáticamente, pero se pueden enviar informes manualmente. Se selecciona la planta y se envía el informe.



Figura 4.32. Informes.

#### 2.4.6. Inventario

Nos aparecen dos pestañas: “Inventario de preventivos” y “Equipos de producción de alarmas”.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Equipos de producción de alarmas    Inventario de preventivos

### Plantas

Planta ▲ ▼	Localización ▲ ▼	Elementos ▲ ▼	Acciones
Abanilla	Abanilla	11	
Abezames_Parcela	Abezames	1	
Alaejos_1	Alaejos_1	2	
Alaejos_2	Alaejos_2	2	
Almendralejo_Finca	Almendralejo	1	
Almendralejo_Parcela	Almendralejo_Parcela	1	
Arvasolar	Arvasolar	12	

Figura 4.33. Inventario.

Al entrar en una planta podemos ver los preventivos que tiene cada instalación o introducir otros nuevos.

Equipos de producción de alarmas    Inventario de preventivos

### Instalación Villarrobledo1

Plantas • Villarrobledo • Villarrobledo1

Tipo ▲ ▼	Nombre ▲ ▼	Fecha	Última revisión ▲ ▼	Próxima revisión: ▲ ▼	Periodicidad ▲ ▼	Preseta ▲ ▼	Acciones
Contador tcp	-	Estado ERROR conexión TCP 2015-11-10 17:47:08	-	-	-	-	
Otros OCA'S CT	OCA'S CT		2014-06-11	576 días	1095 días	10 días	
Otros OCA'S BT	OCA'S BT		2013-06-11	941 días	1825 días	10 días	
Otros LIMPIEZA Cdt	LIMPIEZA Cdt		2015-11-10	118 días	120 días	10 días	

Powered by

Figura 4.34. Inventario de una planta.

Al introducir los preventivos quedan guardados y cuando queda poco tiempo para que haya que volver a realizarlos aparecen automáticamente en la pantalla de inicio, en el bloque de preventivos.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

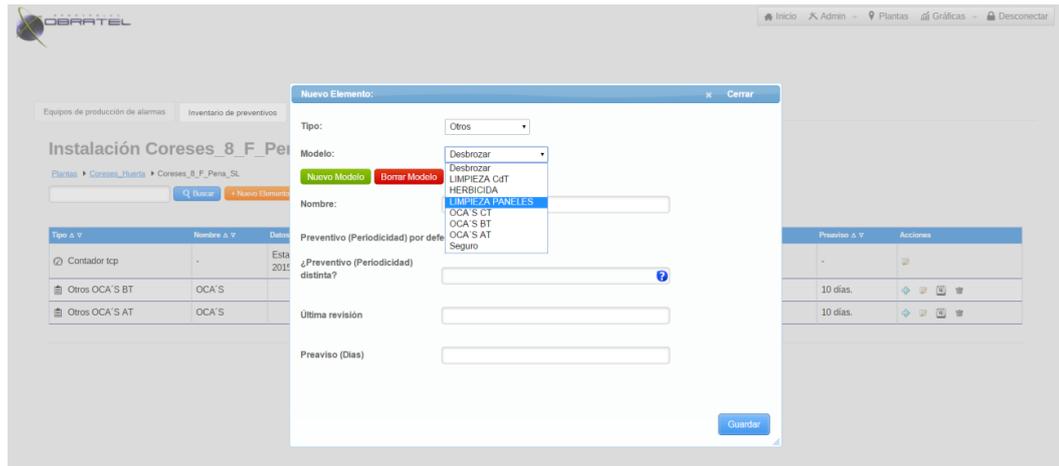


Figura 4.35. Introducción de preventivos.

Entre los preventivos están la limpieza de los centros de transformación, echar herbicida, pasar la OCA (inspección por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma), etc.

Por otra parte, tenemos los equipos de producción de alarmas.

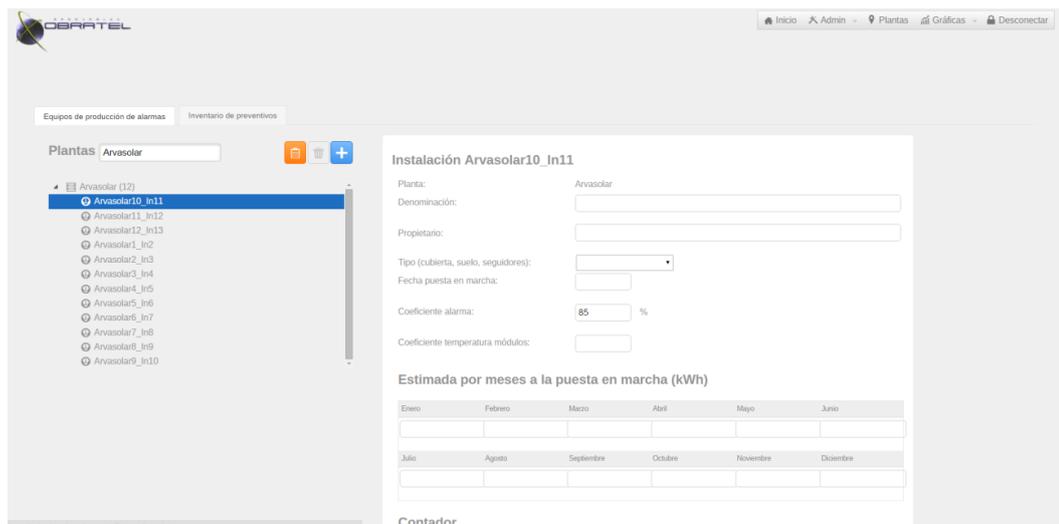


Figura 4.36. Introducción alarmas.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# Sección 3.

## Creación de objetos.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





### 3.1. Usuarios

Para crear un nuevo usuario vamos a Admin-Usuarios-Nuevo Usuario. Rellenamos los campos en blanco y como vemos se pueden activar Alertas, Tickets y Resúmenes. Dentro de permisos podemos elegir entre Administrador, Gestor, Mantenedor y Cliente.

De momento sólo activaremos los resúmenes mensuales para los usuarios, que se enviarán automáticamente a su correspondiente correo electrónico.

**Nuevo usuario**

Login

Contraseña

Nombre y apellidos

Correo electrónico

Skin

Permisos

Alertas  Enviar alertas de producción

Tickets  Enviar tickets

Resúmenes  Enviar resumen diario  
 Enviar resumen semanal  
 Enviar resumen mensual  
 Enviar informe PDF mensual  
 Enviar pre-aviso preventivos (Solo mantenedores)

Enviar datos al correo del usuario

Figura 4.37. Creación nuevo usuario.

### 3.2. Plantas

Para que cada usuario vea su instalación o instalaciones primero hay que crear la planta, vamos a Admin-Plantas-Nueva Planta.

Primero hay que crear la planta porque las instalaciones van asociadas a su planta correspondiente.

Metemos el identificador, el nombre real de la planta, la dirección de la página de AEMET donde esté ubicada la planta, y una foto de la propia planta.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



The screenshot shows the 'Administración de Plantas (55)' interface. A table lists existing plants with columns for ID, Name, and Actions. A modal window titled 'Nueva Planta' is open, allowing the creation of a new plant. The form includes fields for 'Identificador', 'Nombre', 'Dirección AEMET', and 'Imagen de planta'. A red error message states 'El Identificador no puede estar vacío.' and an 'Enviar' button is visible.

ID	Nombre	Acciones
Villar_1	Villardefrades	[Icons]
demo_1	demo	[Icons]
Villalp_1	Villalpando	[Icons]
Fuende_el_Sol_Huerta	Fuente_El_Sol	[Icons]
Pozoantiguo_Huerta	Pozoantiguo	[Icons]
Mota_del_Marques_Huerta	Mota	[Icons]
Mota_del_Marques_Raimundo	Mota_del_Marques	[Icons]
Nava_del_Rey_Huerta	Nava_del_Rey	[Icons]
Coreses_Huerta	Coreses	49053 coreses-id49053 [Icons]
Bercero_Huerto	Bercero	47017 bercero-id47017 [Icons]

Figura 4.38. Creación de nueva planta.

### 3.3. Instalaciones

Ahora se procede a crear las instalaciones de cada planta.

The screenshot shows the 'Nueva instalación' form. It includes fields for 'Nombre instalación', 'Planta', 'Localización', 'Tipo', 'Zona', 'Seguimiento', 'Panel', 'Potencia nominal', 'Potencia pico', 'Num serie contador', 'Coeficiente de avisos', 'Generar avisos', 'Leer con incrementales', and 'Caduca'. A 'Guardar' button is at the bottom right.

Figura 4.39. Creación nueva instalación.

Hay que meter el nombre de la instalación, la planta (creada previamente), localización de la planta, tipo (en este caso todas son fotovoltaicas), la zona de radiación (en España hay 5 zonas), seguimiento (0 ejes, 1 eje o 2 ejes), tipo de panel (monocristalino, policristalino), potencia nominal, potencia pico, número



de serie del contador, coeficiente de avisos (porcentaje para el cual se activan los avisos).

Otras opciones son la de generar avisos, leer incrementales y caducidad, por defecto 0000-00-00. Se utiliza para que cuando termine el contrato de mantenimiento, si se renueva se cambia la fecha o si no, se corta automáticamente la visualización de la planta para el propietario.

### 3.4. Contador GSM

Para crear un contador GSM, igual que en todo lo demás, en nuevo contador:

**Nuevo contador GSM**

Instalación: demo\_007 - demo

Teléfono: [ ]

Dirección de enlace: [ ] Num serie: 987654321 dir: 4321 absoluto

Punto de medida: 1

Contraseña: 7

Curva de carga 2:  (cuartohoraria)

Automático:  (leer automático)

Remoto: IP VPN de modem remoto  
10.10.0.114=oficina  
10.10.0.38=mas

Figura 4.40. Creación contadores GSM.

Elegimos la instalación que corresponda (en el desplegable solo van a salir las que no tienen contador asignado), el número de teléfono de la tarjeta SIM, la dirección de enlace (cinco últimos números del número de serie).

Como en los contadores TCP, el punto de medida y la contraseña dependen de la compañía eléctrica.

En remoto hay que introducir la IP donde se vayan a mandar los datos, en este caso el IP de la oficina.

Normalmente los contadores GSM tardan más en leer que los contadores TCP, por lo que se leerán una vez cada hora, mientras que los contadores TCP cada 15 minutos.



### 3.5. Contador TCP

Al igual que las plantas e instalaciones también hay que crear los contadores.

Nuevo contador

Instalación: demo\_007 - demo

Tipo: Contador

IP o nombre:

IP interna:

Puerto:

Dirección de enlace:  Num serie: 987654321 dir: 4321 absoluto

Punto de medida: 1

Contraseña: 7

Curva de carga 2:  (cuartohoraria)

Automático:  (leer cada 15 min)

Diario nocturno:  (lee a las 02:00)

Figura 4.41. Nuevo contador TCP.

Solo se puede asignar una instalación que no tiene contador, hay que introducir la IP donde está la planta, IP interna (opcional), puerto, dirección de enlace (son los cinco últimos números del número de serie del contador). El punto de medida y la contraseña dependen de la compañía eléctrica.

Se puede elegir que lea la curva de carga cuartohoraria, en automática cada 15 minutos o que lea la producción diaria por la noche (a las 2:00).

### 3.6. Seguidores

Dentro de Seguidores, en Administrar, nuevo maestro, tenemos que introducir la planta, la instalación donde va montada una caja, poner la MAC de la XBee correspondiente, los seguidores de cada maestro y las patas que tienen los seguidores. Una vez registrados los seguidores nos aparecerán en la pantalla de la figura 4.17.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



The screenshot shows a web application interface for managing solar trackers. A modal window titled 'Nuevo seguidor maestro' is open, allowing the user to create a new master tracker. The form includes the following fields:

- Huerto:** A dropdown menu with 'Abanilla' selected.
- Instalación:** A dropdown menu with 'Abanilla10\_PA\_Lorenzo\_Callejas' selected.
- MAC de XBee o Número de serie Modem:** An empty text input field.
- Nota:** A small text note stating '(la MAC es del tipo 0013a20040b7a54c, son 16 caracteres)'. This note is positioned between the MAC field and the number of trackers field.
- Número de seguidores:** A text input field containing the value '12'.
- Patas de seguidor:** A dropdown menu with '4 patas' selected.
- Guardar:** A blue button to save the configuration.

In the background, the main interface shows a table with columns 'Id' and 'Huerto', and a sidebar with an 'Activado' status indicator.

Figura 4.42. Nuevo seguidor maestro.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# Sección 4.

## Funcionamiento diario.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





#### 4.1. Centro Control

Desde centro control se supervisan y controlan todas las instalaciones, su funcionamiento, producción, posición.

Principalmente, se supervisa desde la página de Inicio (figuras 4.2 y 4.4), donde aparecen todas las instalaciones con lo que están produciendo. También aparecen los contadores (GSM o TCP) que no se han leído correctamente, los preventivos recientes o los pasados, las incidencias en los equipos y en la producción, y las alarmas de los seguidores.

Lo que más se controla son las producciones y las incidencias en la producción. Si se ve alguna incidencia, se va a la gráfica y se puede comprobar si hay un fallo importante.

#### 4.2. Propietarios

Los propietarios únicamente pueden ver sus instalaciones. Hay propietarios con varias instalaciones o instalaciones que son de varios propietarios.

En la página de inicio les aparecen las producciones como en el Centro de Control, pero lo que no les aparece son las alarmas, preventivos o incidencias que es exclusivo para supervisar el estado de las instalaciones desde el Centro de Control.

También pueden realizar gráficas de sus instalaciones (figura 4.43), incluso si tienen más de una pueden compararlas (figura 4.45).

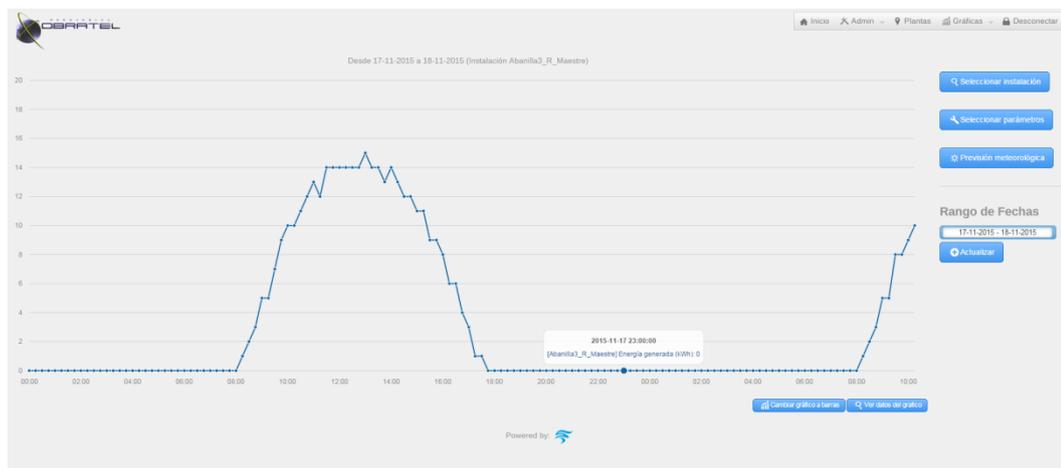


Figura 4.43. Gráfica una instalación.

También se pueden visualizar en gráfico de barras, pulsando el botón de abajo.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

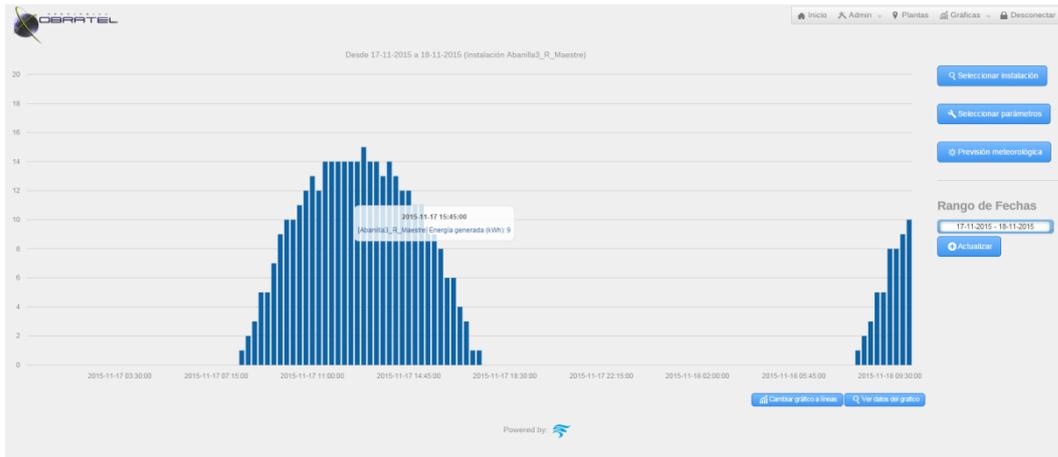


Figura 4.44. Gráfico de barras.

Los propietarios que tengan más de una instalación pueden ver las gráficas juntas.

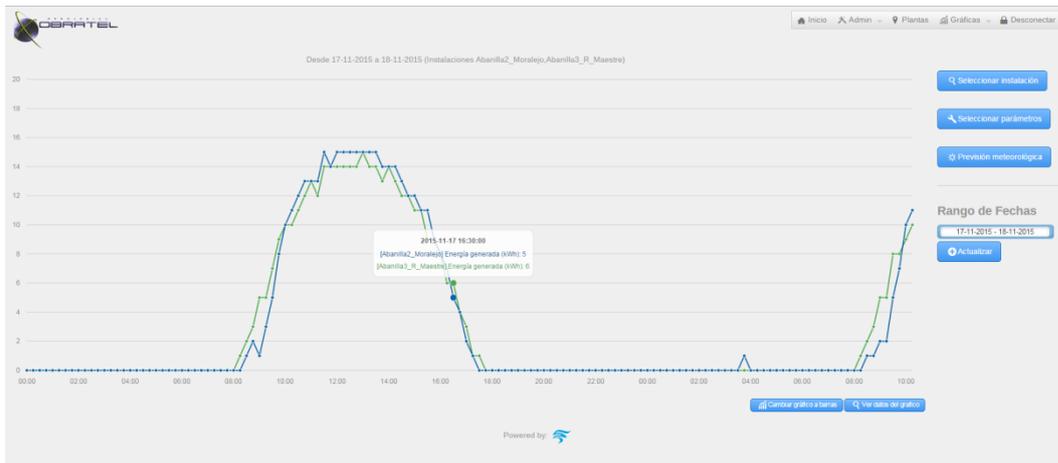


Figura 4.45. Gráfica de dos instalaciones.

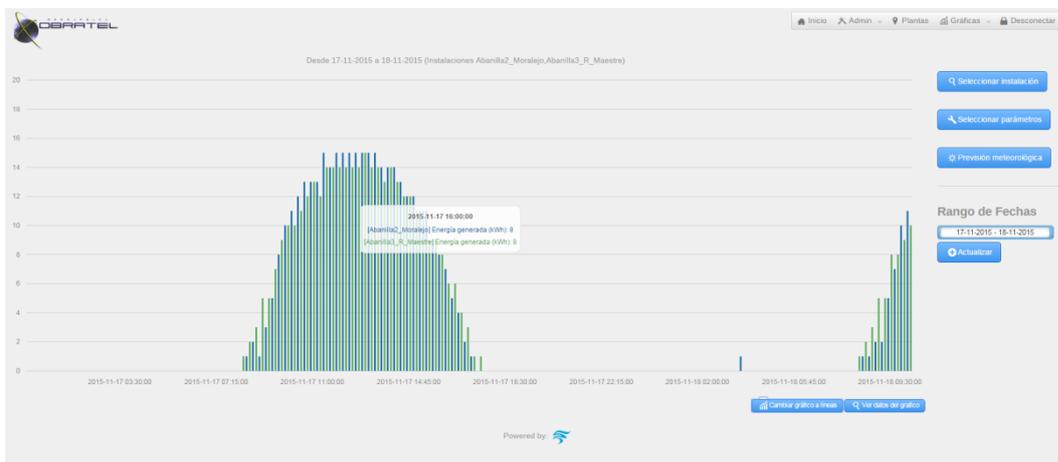


Figura 4.46. Gráfico de barras dos instalaciones.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Como se puede comprobar, esta página Web sirve para supervisar todas las instalaciones, además de controlar los equipos y los preventivos que se tienen que realizar en las plantas. Con ella se va a mejorar el mantenimiento de las plantas ya que podemos acceder a más datos que antes y funciona en tiempo real.

Esto facilita el trabajo en centro control ya que en una sola página se puede hacer todo, no como antes que para supervisar todo tenían varias páginas diferentes.

Los clientes podrán visualizar el estado de sus instalaciones con más detalle además de los correos que se les envía automáticamente de la producción de forma periódica.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# Capítulo 5.

# Conclusiones.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





Para finalizar el presente Trabajo de Fin de Grado, se obtienen una serie de conclusiones que se muestran a continuación.

- Con este sistema se logra que el trabajo para los operadores de centro control sea más fácil y cómodo, pudiendo controlar y supervisar las plantas solares de manera correcta y eficiente. Además, desde la misma página web, se pueden mandar órdenes remotas, tener registros de certificados, inventario. Esto es importante para Obratel, ya que con el procedimiento antiguo se usaban varias páginas, en ellas se controlaban las cosas por separado y ahora se tiene todo en una página concentrado.
- La implementación del nuevo sistema de monitorización cumple el objetivo de eliminar los módems con las tarjetas SIM, que no comunicaban correctamente con los seguidores. Además, el nuevo sistema actúa correctamente sin cortes de funcionamiento.
- Aunque parezca que el desembolso económico es muy grande, en cuestión de tres o cuatro años estará amortizado. Es decir, se ha conseguido que desaparezca el coste mensual de las tarjetas SIM, ya que, como se comenta en el punto anterior, los módems quedan suprimidos.
- Se ha logrado crear un manual de usuario que se ha empleado en centro control para empezar a trabajar con la página web. También se ha destinado para que los trabajadores que entren nuevos, puedan entender rápida y perfectamente la manera de trabajar en Obratel.
- Con este manual se ha conseguido depurar procedimientos y comprobar el correcto funcionamiento de la página web. Por esto, se han creado nuevas funciones que anteriormente no se habían tenido en cuenta antes del desarrollo del manual.

El montaje de este sistema en todas las plantas será lento porque hay que recibir todos los dispositivos y elementos necesarios, montarlos e ir planta por planta retirando el módem con tarjeta SIM y conectar la caja con el nuevo sistema de recogida de datos, pero todo este trabajo merecerá la pena ya que en Obratel tendrán la página web que necesitan para realizar su trabajo correctamente, y los clientes también pueden ver el funcionamiento de sus plantas solares, teniendo resúmenes mensuales para controlar ellos mismos la producción.



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



Se pueden incluir mejoras constantemente ya que, Arduino funciona con su programa informático desarrollado especialmente para Obratel. Lo propio sería reunir varias mejoras de programación porque cada vez que queramos actualizar el programa de Arduino, los técnicos tendrán que ir por todas las plantas solares, extraer los Arduinos del sistema, conectarlos al ordenador para “flashearlos” y volverlos a colocar. Si se necesita una actualización urgente, ya sea por algún fallo de comunicaciones o del propio sistema, se tendrá que hacer sin esperar a tener varias mejoras.

En definitiva, se han conseguido los objetivos marcados al inicio del Trabajo. Ya que este sistema se ha empezado a utilizar recientemente, a medida que se manipule la página web desde las oficinas de Obratel, se podrá continuar desarrollando nuevos trabajos de este tipo.



# Bibliografía.

- [1] Página Oficial de Arduino. [Consulta: agosto-diciembre]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/>
- [2] Página Oficial de XBee. [Consulta: septiembre-diciembre]. Disponible en: <http://xbee.cl/>
- [3] Arduino Programming Notebook: A Beginner's Reference, 2008, Brian W. Evans. [Consulta: 3 de septiembre]. Disponible en: <http://playground.arduino.cc/Es/ArduinoNotebook>
- [4] Manual de IDE Arduino. [Consulta: 14 de septiembre]. Disponible en: <http://arduinoobot.pbworks.com/f/Manual+Programación+Arduino.pdf>
- [5] Revista Scientia et Technica Año XVI, No 44, abril de 2010. Universidad Tecnológica de Pereira. [Consulta: 29 de septiembre].
- [6] Apuntes de Energías Renovables (4º curso de Grado en Ingeniería Eléctrica), Universidad de Valladolid.
- [7] Asociación de Empresas de Energías Renovables. [Consulta: 6 de octubre]. Disponible en: <https://www.appa.es>
- [8] Unión Española Fotovoltaica. [Consulta: 6 de octubre]. Disponible en: <http://unef.es/>
- [9] "Building Wireless Sensor Networks" Robert Faludi. [Consulta: 28 de octubre].
- [10] Comandos AT. Manual y conexión con FTDI. [Consulta: 12 de noviembre]. Disponible en: <http://www.electronicaestudio.com/docs/ISTD-034.pdf>



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje





# Anexos

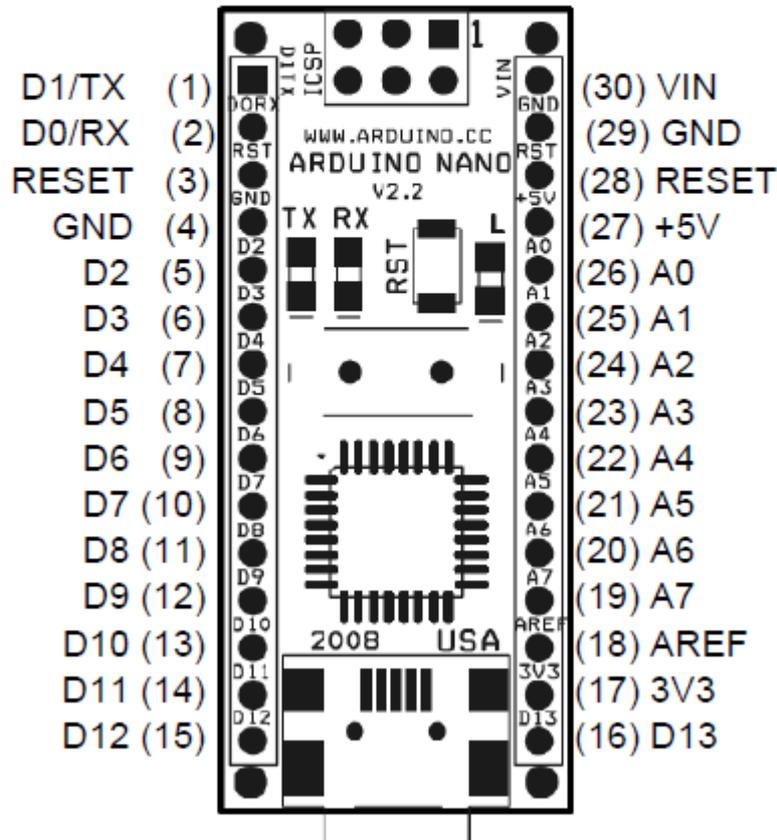


## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



## I. Arduino Nano

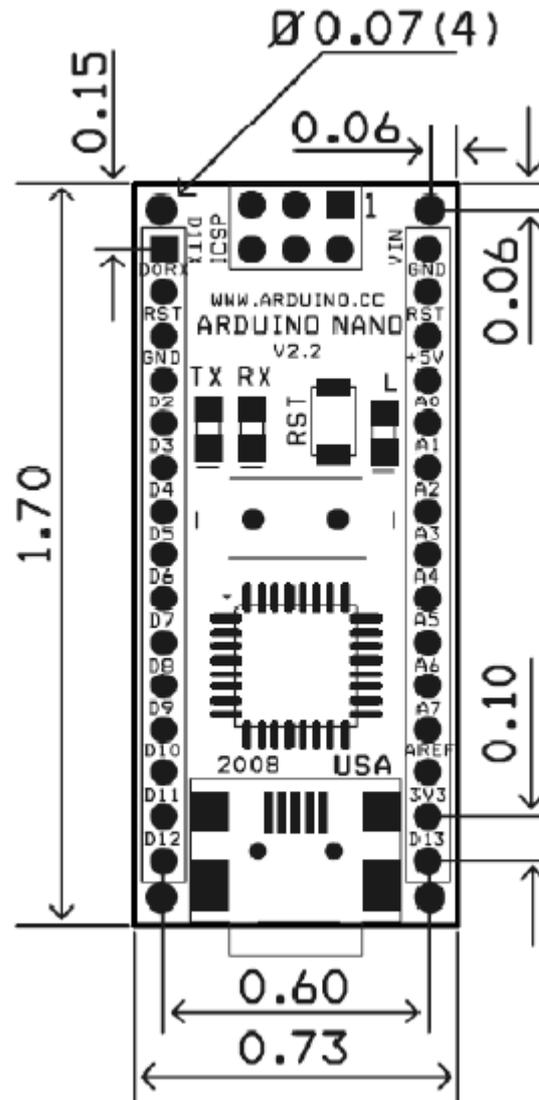
### Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage



## Arduino Nano Mechanical Drawing



ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES



## Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje



### Arduino Nano Bill of Material

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser





## II. XBee Pro

The XBee and XBee-PRO RF Modules were engineered to meet IEEE 802.15.4 standards and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are pin-for-pin compatible with each other.



### Key Features

#### Long Range Data Integrity

##### XBee

- Indoor/Urban: up to 100' (30 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 300' (90 m)
- Transmit Power: 1 mW (0 dBm)
- Receiver Sensitivity: -92 dBm

##### XBee-PRO

- Indoor/Urban: up to 300' (90 m), 200' (60 m) for International variant
- Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1600 m), 2500' (750 m) for International variant
- Transmit Power: 63mW (18dBm), 10mW (10dBm) for International variant
- Receiver Sensitivity: -100 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

#### Advanced Networking & Security

Retries and Acknowledgements  
 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)  
 Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available  
 Source/Destination Addressing  
 Unicast & Broadcast Communications  
 Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported

#### Low Power

##### XBee

- TX Peak Current: 45 mA (@3.3 V)
- RX Current: 50 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

##### XBee-PRO

- TX Peak Current: 250mA (150mA for international variant)
- TX Peak Current (RPSMA module only): 340mA (180mA for international variant)
- RX Current: 55 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

#### ADC and I/O line support

Analog-to-digital conversion, Digital I/O  
 I/O Line Passing

#### Easy-to-Use

No configuration necessary for out-of-box RF communications  
 Free X-CTU Software (Testing and configuration software)  
 AT and API Command Modes for configuring module parameters  
 Extensive command set  
 Small form factor

### Worldwide Acceptance

**FCC Approval (USA)** Refer to Appendix A [p64] for FCC Requirements. Systems that contain XBee®/XBee-PRO® RF Modules inherit Digi Certifications.

**ISM (Industrial, Scientific & Medical) 2.4 GHz frequency band**

Manufactured under **ISO 9001:2000** registered standards

XBee®/XBee-PRO® RF Modules are optimized for use in the United States, Canada, Australia, Japan, and Europe. Contact Digi for complete list of government agency approvals.





## Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules

Specification	XBee	XBee-PRO
<b>Performance</b>		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) international variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for international variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
<b>Power Requirements</b>		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 µA	< 10 µA
<b>General</b>		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
<b>Networking &amp; Security</b>		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
<b>Agency Approvals</b>		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)*
Australia	C-Tick	C-Tick

\* See Appendix A for region-specific certification requirements.

Antenna Options: The ranges specified are typical when using the integrated Whip (1.5 dBi) and Dipole (2.1 dBi) antennas. The Chip antenna option provides advantages in its form factor; however, it typically yields shorter range than the Whip and Dipole antenna options when transmitting outdoors. For more information, refer to the "XBee Antennas" Knowledgebase Article located on Digi's Support Web site



## Pin Signals

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO® RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

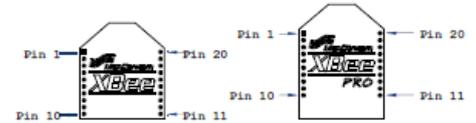


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules

(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	<u>RESET</u>	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	<u>CTS</u> / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / <u>SLEEP</u>	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	<u>RTS</u> / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

\* Function is not supported at the time of this release

### Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k  $\Omega$  pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

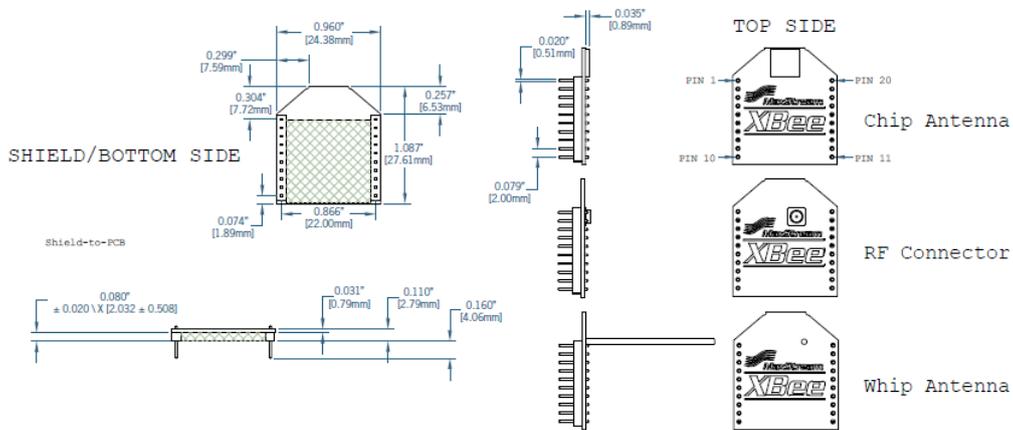


## XBee Mechanical Drawings

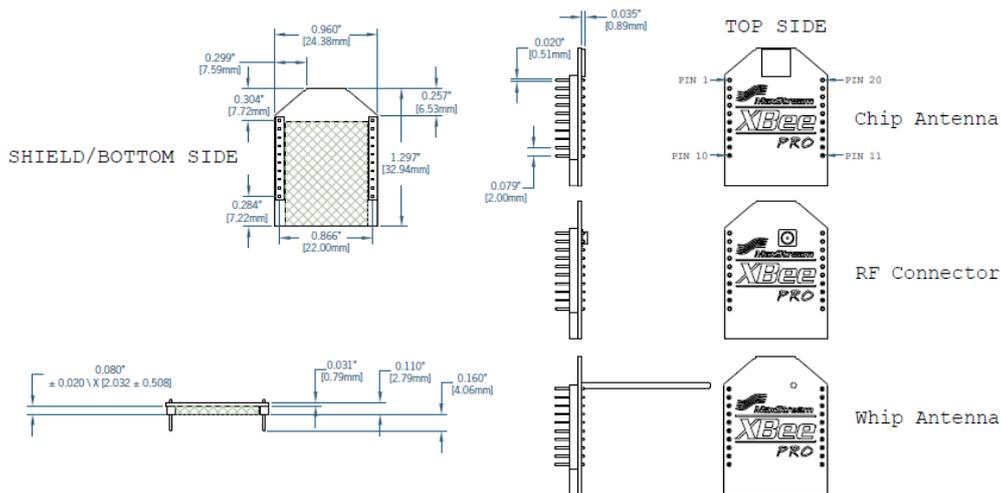


XBee and XBee-PRO OEM RF Modules are pin-for-pin compatible with each other.

### XBee OEM RF Module



### XBee-PRO OEM RF Module



M100427 [2006.06.28]



**MaxStream**

www.maxstream.net

© 2006 MaxStream, Inc. All rights reserved.

Phone. (866) 765-9885 Toll-free in U.S. & Canada

(801) 765-9885 Worldwide

Live Chat. www.maxstream.net

E-mail. rf-xperts@maxstream.net



### III. Antena XBee

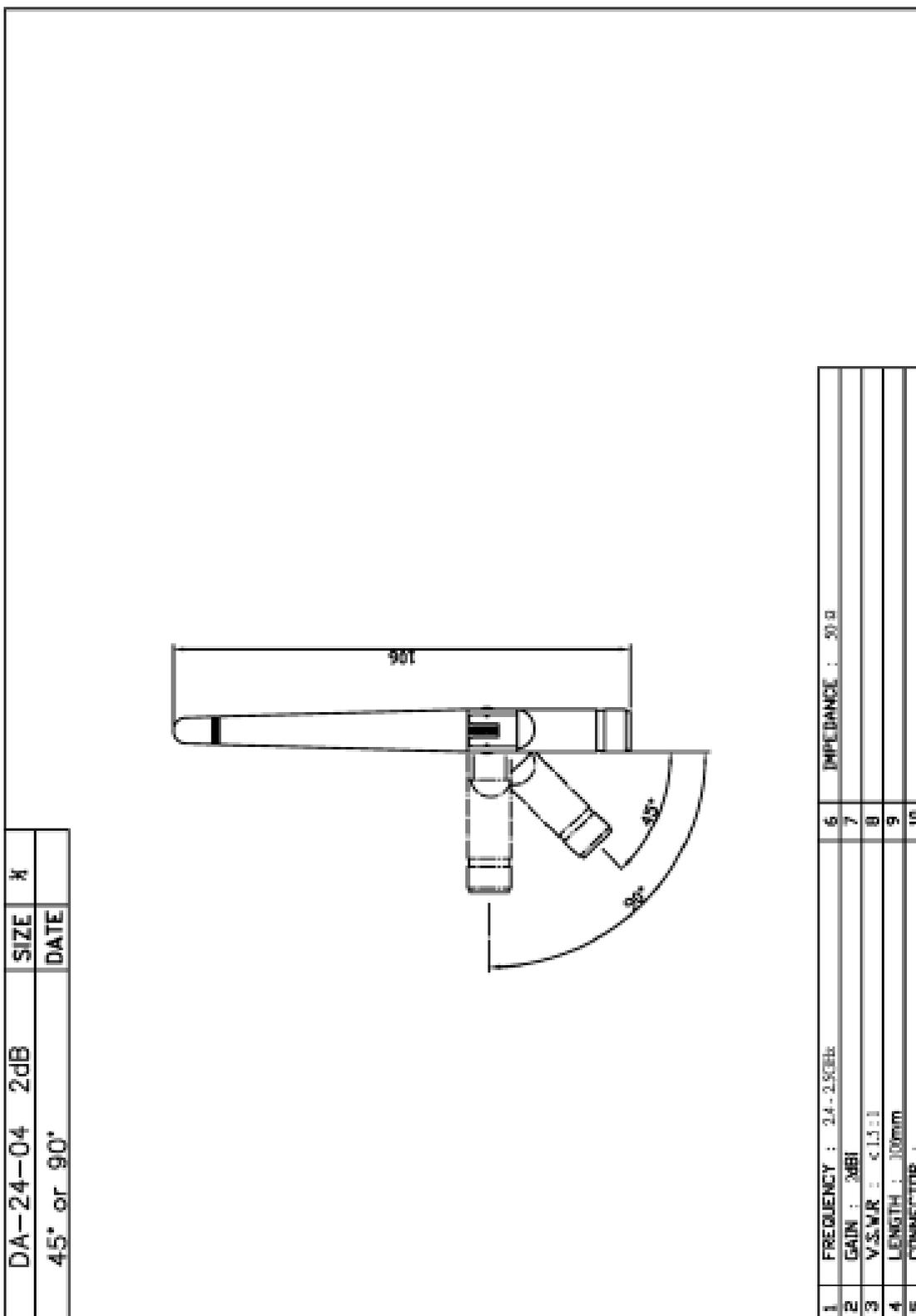
#### 2. 4G DIPOLE 2dBi ANTENNA



**Specifications/Special Features :**

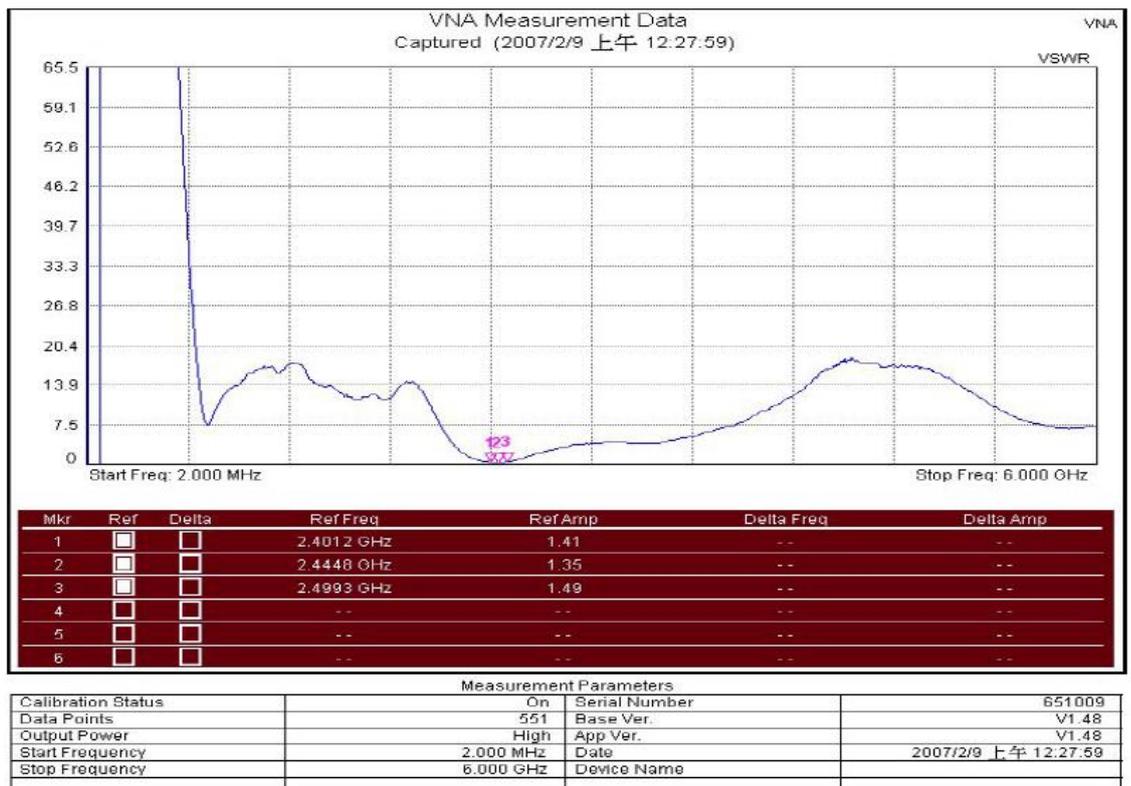
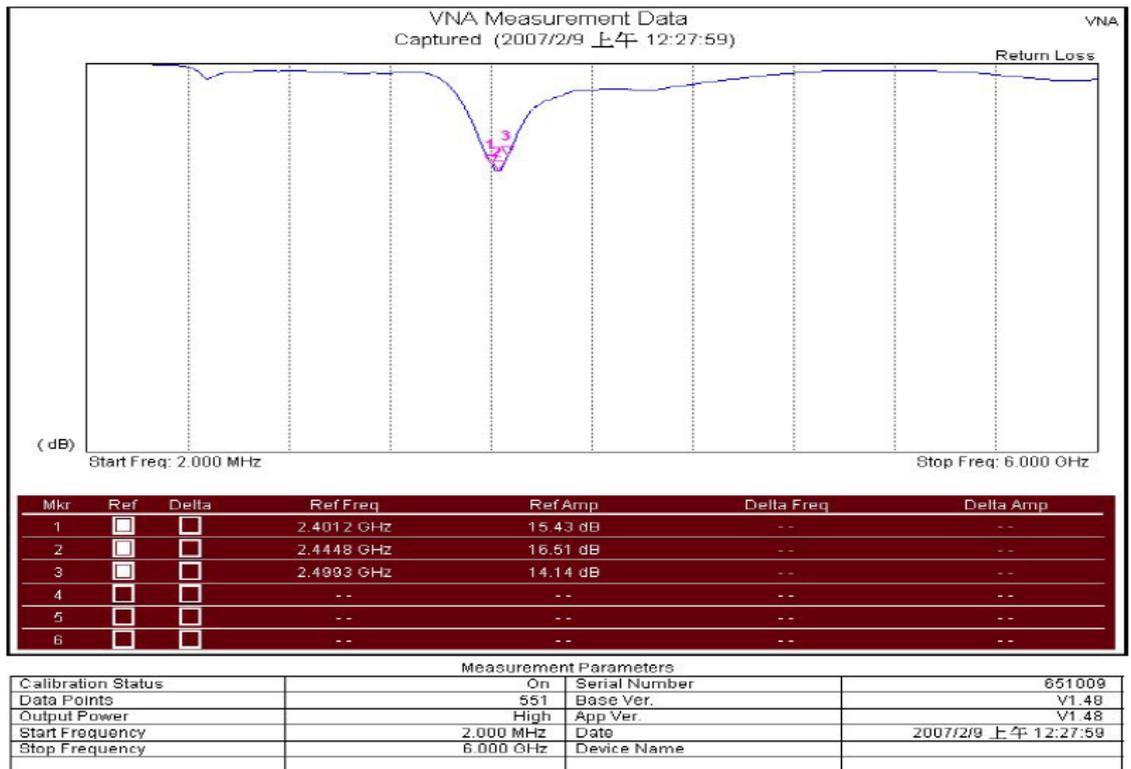
**This antenna is designed for  
wireless communications**

Specification	
Type	DIPOLE
Model No.	DA-24-04
Model name	DA-24-04-SMR (FOR SMA PLUG RP)
CONNECTOR	Option
Gain (d Bi )	2
Type	DIPOLE
Polarization	Linear Vertical
SWR	$\leq 1.5 : 1$
Frequency	2400~2500MHz
Weight	10g
Size	H106×W13×D13mm



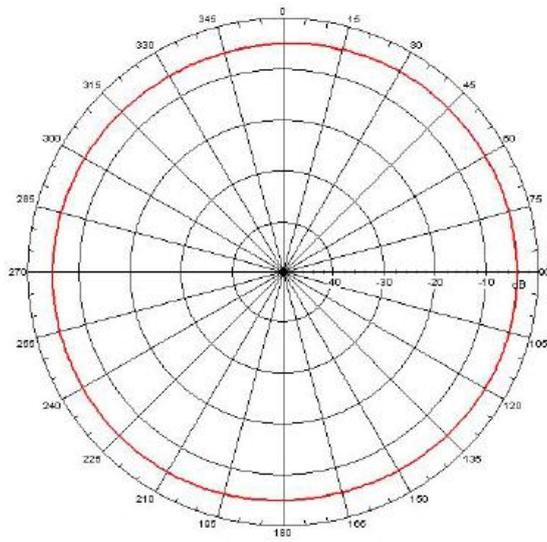


# Monitorización en tiempo real de seguidores solares fotovoltaicos en doble eje

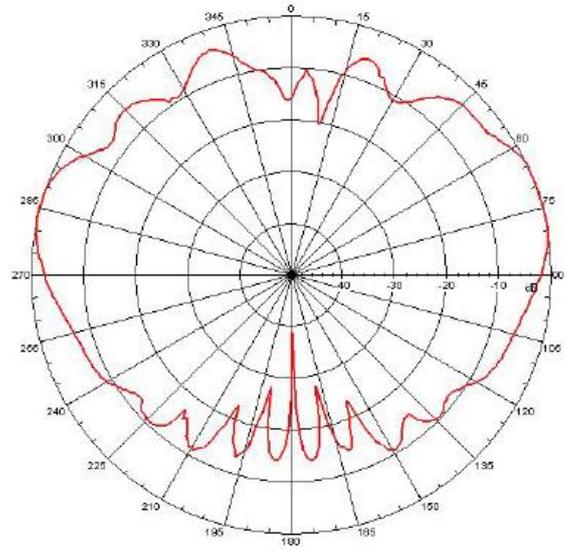




**H-PLANE**

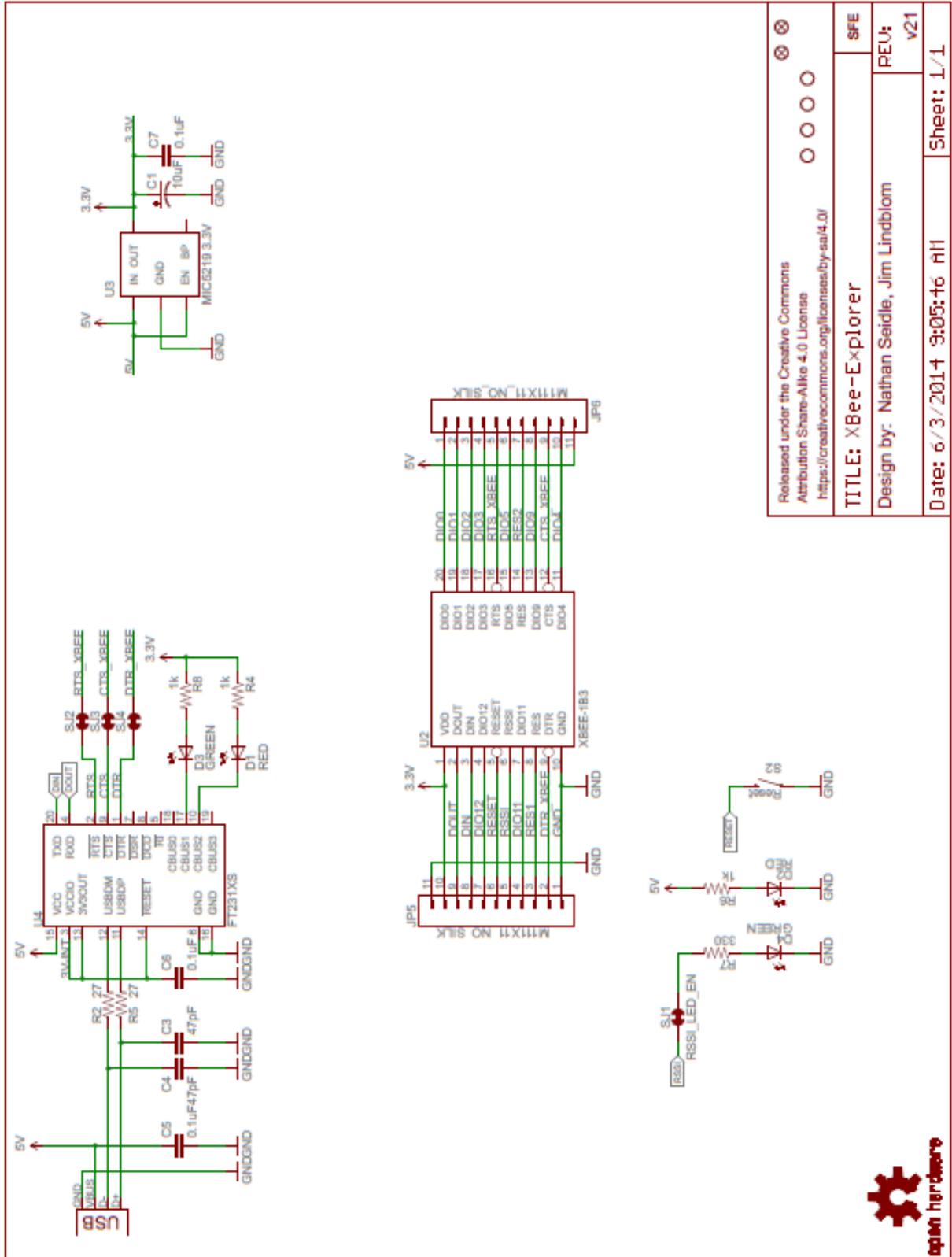


**E-PLANE**





### IV. Xplorer XBee



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 4.0 License <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/</a>		⊗ ⊗
TITLE: XBee-Explorer		○ ○ ○ ○
Design by: Nathan Seidle, Jim Lindblom	SFE	
Date: 6/3/2014 9:05:40 AM	PEU: v21	
	Sheet: 1/1	





## V. Antena omnidireccional

# TP-LINK®

## 2.4GHz 15dBi Outdoor Omni-directional Antenna TL-ANT2415D

### ⊙ Features:

- 15dBi Omni-directional operation highly enlarges the wireless coverage
- N female connector, compatible with most of the wireless equipments
- Weather proof design, suitable for all weather condition
- Provided mounting kits enable easy installation for various environments

### ⊙ Description:

TL-ANT2415D operates in the 2.4-2.5 GHz band and provides 15dBi Omni-directional operation, which largely extends the wireless range and delivers much better wireless performance. The antenna offers the N female connector guaranteeing wider compatibility with most of the wireless equipments. Also, the weather proof design ensures that it can work normally for various demanding outdoor solutions.

### ⊙ Radiation Patterns:



[www.tp-link.com](http://www.tp-link.com)



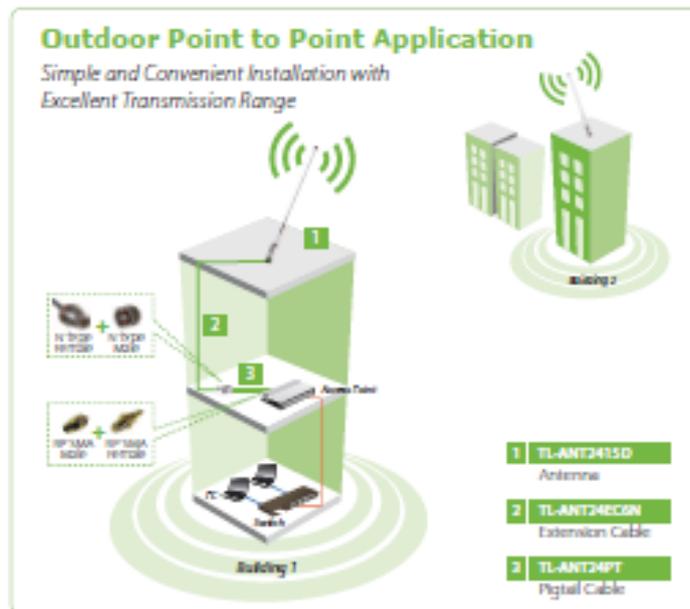
2.4GHz 15dBi Outdoor Omni-directional Antenna

TL-ANT2415D

⊙ Specifications:

Frequency	2.4 ~ 2.5 GHz
SWR	<= 2.0
Antenna Gain	15 dBi
Polarization	Linear
Impedance	50 Ohms
HBBW @ H-Plane	360 Degree Omni-Directional
HPBW @ E-Plane	<= 9 Degree
Handle Power	20 Watt
Material of Radiator	Cu & Zn-Alloy
Material of Plastic Body	Glass Fiber
Cable Type	RG 316D
Connector Type	N Jack
Connector Pull Test	>= 8 Kg
Operation Temperature	-40 °C ~ +65 °C
Standards	RoHS, WEEE

⊙ Diagram:



**Package:**

- 15dBi Outdoor Omni-directional Antenna
- Installation mounting kits
- User Guide

**Related Products:**

- 54Mbps High Power Wireless Access Point  
TL-WA5110G
- 150Mbps Wireless N Access Point  
TL-WA701ND

Specifications are subject to change without notice. TP-LINK is a registered trademark of TP-LINK Technologies Co., Ltd. Other brands and product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. No part of the specifications may be reproduced in any form or by any means or used to make any derivative such as translation, transformation, or adaptation without permission from TP-LINK Technologies Co., Ltd.

[www.tp-link.com](http://www.tp-link.com)



## VI. Mini PC Epatec 3350DX2

### EPATEC 3350DX2 Series

#### Advantages:

- \*High performance
- \*VESA mounting support (75 x 75 mm)
- \*Vortex86DX2 (933MHz)
- \*On board 512MB DDR2
- \*PXE Diskless Boot
- \*SD, SDHC support
- \*USB V2.0 port x 3 (2 at the front)
- \*RS-232 port x 2 (Optional)
- \*External WiFi Dongle support (Optional)
- \*Ultra low power



3350DX2 Series features a Vortex86DX2 (933MHz) CPU and 512MB DDR2 onboard RAM, fully compatible with CE, XPe and Linux embedded OS. Fanless design ensures quiet operation in limited space and also avoid dust to extend products' life cycle. 3350DX2 Series is an ideal business solution that can be widely utilized in Home Automation, Office Thin Client System, POS, KIOSK and industrial applications.

#### Specifications

Model Type	3350DX2	3350DX2-AP	3350DX2-C2	3350DX2-C2AP
Processor	Vortex86DX2 (933MHz)			
BIOS	AMI BIOS			
Memory	Onboard 512MB DDR2			
VGA	Integrated Graphics Chip/ D-Sub 15-pin			
Ethernet	10/100 Mbps LAN x 1 (RJ-45 connector, Built-in PXE diskless boot)			
USB (2.0)	External: 3 ports (Front x 2, Rear x 1)			
Audio	Mic in and Line out			
I/O	1x			
SD Slot	1x			
RS-232	N/A	N/A	2x	2x
Auto Power On	N/A	Yes	N/A	Yes
Power	DC +5V @ 2A			
Dimensions	95 x 95 x 20 mm		95 x 95 x 35 mm	
Unit Net Weight	277g		350g	
Operation Temp.	5 ~ 50 °C			
Certifications	CE, FCC, VCCI			
Optional	Internal SD Card slot			
Note	N/A		RS-232 COM ports in Full 9pin	

#### Ordering Information:

3350DX2: Standard Version

3350DX2-AP: Standard Version with Auto Power On support

3350DX2-C2: Standard Version with RS-232 ports x 2

3350DX2-C2AP: Standard Version with RS-232 ports x 2 and Auto Power On support