

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE TEMPERATURA EN SILOS

Alaniz, Diego – LU 97700

Ingeniería Telecomunicaciones

Tellechea, Nicolás – LU 1029303

Ingeniería Telecomunicaciones

Tutor:

Ing. Pellegrini, Darío, UADE

Marzo 25, 2014



UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos los que confiaron en mí y me acompañaron en este camino, especialmente a Magi, a mis padres, a mis hermanas, a mis compañeros y a mis amigos.

Diego Alaniz

AGRADECIMIENTO

A lo largo de la carrera se requiere contar con voluntad, predisposición y la decisión firme de lograr un objetivo, lo cual sólo es posible con el apoyo de personas que quieren lo mejor para mí.

Agradezco el apoyo incondicional de mi familia quien me brindó la posibilidad de realizar toda la carrera; por la paciencia; por la contención y por otras cosas que permitieron lograr mis objetivos.

A mis padres, Ana y Antonio, por permitirme lograr tan preciado objetivo y haberme acompañado siempre.

A mis hermanos, Melina y Pablo por su sostén incondicional y sus fuerzas para seguir en los momentos difíciles.

A mi novia Ornela quien me empujó y apoyó para lograr este proyecto.

A mis amigos de la vida, por siempre estar ahí.

A mis amigos y compañeros de la facultad, quienes me ayudaron a superar los obstáculos de la carrera con sus consejos, aliento, ayuda y compañía ilimitada.

A los Profesores de la Universidad los cuales me dieron las herramientas para culminar este proyecto; Darío, Orlando, Pablo, Francisco, Juan, Carlos y Fernando.

Nicolás Tellechea

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un dispositivo inalámbrico que permita un control eficiente de la humedad y temperatura, dentro de un silo de almacenamiento de granos.

Es fundamental comprender que los granos almacenados producen calor, agua y dióxido de carbono y que luego de la cosecha pueden ser afectados por múltiples factores de naturaleza biótica y abiótica. Es un error pensar que una vez cosechado y almacenado, sólo nos ocuparemos del grano durante su despacho.

El objetivo del almacenamiento de granos es guardar la totalidad de la cosecha o parte de ésta, a espera de mejores condiciones de mercado. Disponer de la mercadería para venderla en el mejor momento y no cuando se produce una avalancha en la oferta producida por la gran cantidad de cosechas simultáneas, es una ventaja fundamental a favor del productor. Vender en el momento exacto puede marcar la diferencia entre tener pérdidas o lograr un margen bruto de ganancia.

El problema puede originarse por el desconocimiento de los procesos dinámicos que se generan dentro del medio ambiente en el que está almacenado el grano. Hoy en día se puede hablar de pérdidas que varían entre un 10% y un 30% por falta de controles, incluso en instalaciones donde podemos encontrar aireadores, secadoras, etc. El grano está constantemente metabolizando dentro del silo y es susceptible al ataque de insectos o microorganismos que influyen en la calidad del mismo.

Por otra parte, es significativo tener en cuenta que hoy los países compradores están empezando a exigir calidades diferenciadas e incluso trazabilidad en las partidas. Por estos motivos es importante tener un control real sobre los granos almacenados.

Con la implementación de este dispositivo de adquisición y visualización de temperatura y humedad, se puede conservar el grano en condiciones óptimas hasta el momento de su venta. De esta manera lograremos una reducción de los costos operativos y una mayor tranquilidad sabiendo que el grano está seguro y conservando su calidad.

ABSTRACT

The main objective of this Project is the development of a wireless device that allow an efficient control of humidity and temperature inside a grain storage silo.

An understanding of the stored grains produce heat, water and carbon dioxide and then harvest can be affected by many biotic and abiotic factores of nature. It's a mistake that once harvested and stored, we will only consider grain in his dispatch.

The objective of grain storage is to keep the entire crop or part of it, waiting for better market conditions. Dispose to sell at the right time and not when an avalanche occurs in supply caused by the large number of simultaneous crops, is a major advantage to the producer. Sell at the right time can make the difference between having losses or achieve a gross profit margin.

The problem may be caused by the lack of dynamic processes that are generated within the environment in which the grain is stored. Today we can speak of losses ranging between 10% and 30% for lack of control, even in facilities where we can fin aerators, dryers, etc. The grain is constantly metabolizing within the silo and is susceptible to attack by insects or microorganisms that influence quality.

Moreover, it's significant to note that today the purchasing countries are beginning to demand different qualities and even traceability items. For these reason it's important to have a real control on stored grain.

With the implementation of this acquisition and visualization system of temperature and humidity, the grain can be kept in good condition until the time of sale. In this way we will achieve a reduction in operating costs and greater peace of mind knowing that the grain is safe and preserving it's quality.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	10
Capítulo I: INTRODUCCIÓN	11
1 Fundamentación	1;Error! Marcador no definido.
1.1 Objetivos.	13
1.1.1 Objetivo General	13
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 Alcance.....	14
1.3 Mapa de Stakeholders	15
CAPÍTULO II.....	17
Capítulo II: ANTECEDENTES	17
2 Arte Previo.	;Error! Marcador no definido.8
2.1 Estado del Arte	19
2.2 Antecedentes de termometría en silo de grano	20
2.2.1 Sistemas de almacenamiento de granos	2;Error! Marcador no definido.
2.3 Técnica de la termometría	24
2.4 Propuesta Innovadora	28
CAPÍTULO III	29
Capítulo II: MARCO TÉCNICO LEGAL	30
3 Regulaciones y aspectos técnicos de tecnologías.....	30
3.1 Leyes de Seguridad y Medio Ambiente	30
3.2 Tecnología ZigBee	31
3.2.1 ¿Qué es ZigBee?.....	32
3.2.2 Dispositivos que constituyen ZigBee	34
3.2.3 Modelo de redes ZigBee.....	35
3.2.4 Comparación de ZigBee con otras tecnologías	38
CAPÍTULO IV	41
Capítulo IV: DESARROLLO	42
4 Introducción.....	42
4.1 Locación	42

4.2 Dispositivo de adquisición de temperatura	44
4.3 Módulo inalámbrico	46
4.4 Micro Controlador	50
4.5 Sensor de Temperatura	51
4.6 Transporte de datos	53
4.7 Alimentación del sistema	54
4.8 Interfaz.....	55
4.9 Esquema de la solución final.....	57
4.10 Encuesta sobre el sistema desarrollado.	58
CAPÍTULO V	63
Capítulo V: ANÁLISIS FINANCIERO	64
5.1 Contexto Económico	64
5.1.1 Situación del mercado muncial de granos	66
5.1.2 Situación del mercado Nacional de granos	67
5.2 Análisis FODA	68
5.3 Costos del Dispositivo.....	73
5.4 Costos Generales y Márgenes	74
5.4.1 Maíz.....	74
5.4.2 Soja.....	77
5.5 Análisis de riesgo	80
5.6 Conclusión del análisis económico	84
CAPÍTULO VI.....	85
Capítulo I: CONCLUSIONES	86
6.1 Conclusiones	86
6.2 Trabajo a Futuro.	88
Bibliografía.....	89
Anexo	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Silos de almacenaje.....	12
Figura 2: Mapa de Stakeholders	15
Figura 3: Diagrama de conservación de los granos.....	23
Figura 4: Gráfica de los focos de temperatura	25
Figura 5: Detalle completo del cable utilizado.....	26
Figura 6: Esquema de distribución de los sensores de temperatura.....	27
Figura 7: Aplicaciones de tecnología ZigBee	31
Figura 8: Pila de protocolos (ZigBee Stack)	34
Figura 9: Estructura de una red en estrella	36
Figura 10: Estructura de una red en árbol	37
Figura 11: Estructura de una red en malla.....	38
Figura 12: Diagrama de componentes de un silo	43
Figura 13: Módulo Xbee PRO.....	45
Figura 14: Circuito de transmisión y recepción	45
Figura 15: Panel de control Xbee	48
Figura 16: Diagrama esquemático del módulo Xbee	49
Figura 17: Diagrama de Placa Lógica (Adquisidora y transmisión).....	53
Figura 18: Sensor de Temperatura	52
Figura 19: Ubicación de sensores en el interior del silo.....	53
Figura 20: Diagrama de flujo para obtener medidas del sensor	54
Figura 21: Software de interface de monitoreo	56
Figura 22: Esquema de la solución final implementada	57
Figura 23: Gráfico de resultados Pregunta 1	59
Figura 24: Gráfico de resultados Pregunta 2	59
Figura 25: Gráfico de resultados Pregunta 3	60
Figura 26: Gráfico de resultados Pregunta 4	60
Figura 27: Gráfico de resultados Pregunta 5	61
Figura 28: Partición de costos en el margen de Maíz	76
Figura 29: Partición de costos en el margen de la Soja.....	78
Figura 30: Evolución de los valores del mercado de Maíz y Soja	80
Figura 31: Margen bruto Maíz campo propio	82
Figura 32: Margen bruto de Maíz campo alquilado	82
Figura 33: Margen bruto de Soja campo propio.....	83
Figura 34: Margen bruto de Soja campo alquilado	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Tiempo de almacenaje seguro de granos (expresado en días)	22
Tabla II: Comparación de tecnologías inalámbricas	40
Tabla III: Terminales del modulo Xbee	49
Tabla IV: Situación del mercado mundial de granos	66
Tabla V: Situación del mercado Nacional de granos	67
Tabla VI: FODA.....	69
Tabla VII: Costos de materiales / componentes	73
Tabla VIII: Margen Bruto de Maíz	75
Tabla IX: Margen Bruto de Soja	77
Tabla X: Comparación de resultados de cultivo 2012/13 vs 2013/14.....	79

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Capítulo I: INTRODUCCIÓN

1. Fundamentación

En la actualidad el precio de los productos alimenticios se encuentra en constante ascenso, afectando directamente al precio de los granos. Es principalmente por este motivo y por las condiciones cambiarias del país, que toma suma importancia el almacenamiento de los mismos a la espera de mejores condiciones de mercado. Permitiendo de esta manera cierta especulación, aguardando el momento justo para su venta.

La posibilidad de disponer de la mercadería para luego venderla en el momento más propicio y no cuando se produce una avalancha en la oferta producida por la gran cantidad de cosechas simultáneas, es una ventaja fundamental a favor del productor. Vender en el momento exacto puede marcar la diferencia entre obtener pérdidas o lograr un margen bruto de ganancia.

Los países compradores de granos han comenzado a exigir calidades diferenciales y trazabilidades de las partidas, motivo por el cual es menester lograr un control real sobre los granos almacenados.

En ambientes favorables al desarrollo de microorganismos, éstos comienzan a consumir almidón y otros elementos del grano. Dichos procesos son típicamente exotérmicos, produciendo calor, humedad y dióxido de carbono; dado que la mayoría de los microorganismos prosperan en ambientes cálidos y húmedos, el proceso de deterioro toma una aceleración exponencial. En consecuencia, cuanto más seco y frío se encuentre el grano, menor será la tasa de proliferación de insectos y microorganismos.

Es por explicados motivos, que las variaciones de las condiciones ambientales del grano, fundamentalmente la humedad y la temperatura, afectan la calidad del mismo. Cuanto mayor sea su temperatura y/o humedad, mayor resultará su nivel respiratorio y consecuentemente existen mayores riesgos para la mercadería almacenada. Dichas

variaciones de humedad y/o temperatura podrán dar indicios de lo que estará sucediendo con la cosecha.

Los Beneficios obtenidos de un buen sistema que permita supervisar la temperatura y humedad del grano almacenado son diversos. Entre ellos, la posibilidad de vender los granos cuando alcancen el máximo precio del mercado manteniendo una óptima calidad y conservando su peso original, reducción de los costos operativos, mayor tranquilidad sabiendo que el grano está seguro y conservando su calidad.



Figura 1: Silos de almacenaje

Basándonos en la situación problemática descrita anteriormente, se propone un sistema innovador a través de un dispositivo de adquisición enlazado remotamente mediante la tecnología de transmisión ZigBee¹, a efectos de obtener y analizar los datos de temperatura y humedad.

¹ ZigBee: Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para la transmisión de dato y requerimientos de bajo consumo eléctrico.

1.1 Objetivos

La delimitación que propone la temática del presente PFI, está contemplada en los siguientes objetivos concretos y factibles, a saber:

1.1.1 Objetivo General

El diseño del sistema que se presenta en este proyecto se deberá instalar dentro de los silos, y se denominará *Sistema de Adquisición de Temperatura* (SAT). El mismo poseerá una serie de sensores de temperatura y humedad distribuidos de forma específica en el interior del silo, con el objetivo de obtener los datos correspondientes a dichos sensores.

Los valores obtenidos y recolectados serán enviados a través de un sistema de transmisión con tecnología ZigBee, la cual posee buen alcance geográfico; posibilidad de escalabilidad en cantidad de dispositivos en la red y fundamentalmente muy bajos requerimientos eléctricos, lo cual es fundamental en este tipo de ambiente donde las tareas de mantenimiento son poco frecuentes.

El objetivo general de la solución propuesta permitirá medir y supervisar la temperatura de los silos en forma remota, con el fin de almacenar correctamente los granos cosechados aumentando así el rendimiento de las cosechas.

Por último, los datos enviados por los diferentes nodos al Centro de Monitoreo serán visualizados en un software y almacenados automáticamente, para poder ser consultados por los encargados de la compañía y controlar así la calidad de los granos acopiados.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Se plantea un innovador sistema de adquisición y visualización de temperatura cuyo objetivo es mejorar las técnicas de postcosechas presentes en nuestro país.

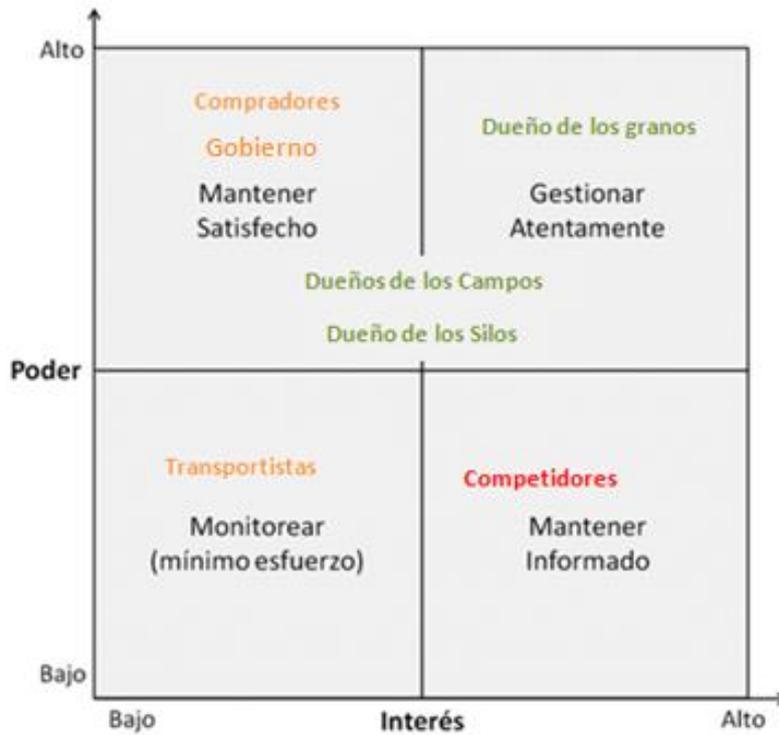
- El sistema que se propone instalar en los silos implica un avance en la tecnología agropecuaria, lo cual permitirá mejorar el rendimiento económico y productivo del campo.
- Mostrar el impacto de la mejora que se propone al negocio del almacenamiento de granos en el sector agropecuario. El INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) en sus análisis, determina que se pierden alrededor de 750 millones de dólares al año en lo referido al mal transporte y almacenamiento de los granos.
- Explicar la adecuada elección del medio inalámbrico, para lo cual se ha realizado un pertinente estudio del medio a utilizar para poder llegar a la conclusión de que el mejor medio es el estudiado.
- Mostrar la ventaja que tiene el presente proyecto con respecto a los competidores en función a la novedad tecnológica de ZigBee que se desea utilizar.

1.2 Alcance

Los aspectos que serán contemplados en el siguiente proyecto, se definen en función de lo descrito en los objetivos precedentes:

- Desarrollo técnico del sistema de adquisición y visualización de temperatura a nivel diseño.
- Desarrollo del sistema para un silo, con un cable de sensado y un puesto de monitoreo remoto.
- Disposición de los datos.
- Análisis Económico y Financiero de la solución planteada.
- Análisis de viabilidad tecnológica, económica y geográfica dentro de nuestro país.

1.3 Mapa de Stakeholders



En verde los que están a favor.
En rojo los opositores y críticos.
En naranja los neutrales.

Figura 2: Mapa de Stakeholders

Del análisis del mapa de Stakeholders surge que los principales interesados en nuestro proyecto serán los dueños de los granos, ya que la posibilidad de almacenar los granos de manera controlada y segura les permitirá especular con el momento de venta de los mismos para así obtener el mayor margen de ganancia posible.

Por otro lado los competidores estarán interesados en los posibles avances tecnológicos que puedan surgir de este proyecto para mantener la competitividad de sus productos.

En cuanto a los dueños de los Campos y los dueños de los Silos, éstos se interesarán en el proyecto por la posibilidad que gracias a las nuevas tecnologías el negocio del agro aumente sus beneficios favoreciendo a toda la cadena de producción.

Por su parte, los compradores serán indiferentes a la forma de almacenamiento de los granos, siendo su único interés la calidad del mismo al momento de realizar la compra.

A su vez, el Gobierno posee un gran poder dentro de esta estructura ya que mediante normas y reglas podría impedir la utilización de este tipo de dispositivos. Además podría modificar las condiciones las condiciones fiscales perjudicando notoriamente este mercado.

En cambio para los transportista el alcance de este proyecto no afectara directamente sus actividades por lo tanto no estarán muy interesados en el mismo.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

Capítulo II: ANTECEDENTES

2. Arte Previo

Con la problemática planteada se realizaron investigaciones a través del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI), con el fin de determinar la existencia de dispositivos o componentes que pudieran cubrir la problemática comprendida en nuestro proyecto.

A través de los resultados de la investigación, se detectó que la existencia de un único competidor (MEASUREINSTRUMENTS), con un producto que alcanzaba la misma problemática que nuestro proyecto. No obstante, luego de realizar investigaciones acerca del sistema de la competencia, fue posible observar que el monitoreo es realizado con un sistema antiguo, con una inversión elevada y con necesidades energéticas importantes para poder aplicarlo en los silos.

En tal sentido, se considera que la información suministrada por el dispositivo a diseñar en el presente Proyecto Final de Ingeniería (PFI), implicaría un complemento muy importante a la supervisión y gestión del almacenaje de granos en el territorio Nacional, permitiendo conseguir mayor eficiencia y calidad a la hora de almacenar los granos obtenidos en la cosecha.

Asimismo, es posible observar que el sistema planteado en el actual PFI, esboza notorias diferencias en relación al sistema de la competencia. Esto se debe principalmente a la utilización de un método de enlace innovador con tecnología ZigBee, la cual permite combinar un sistema de muy bajo consumo eléctrico con una enorme escalabilidad a nivel de puntos de control. Es decir, que a través del enlace se podrían incorporar nuevos puntos de control sin necesidad de reprogramar los micro controladores y sin generar impacto en el funcionamiento de la red.

En la muestra agropecuaria a campo abierto *ExpoAgro 2014*, se hizo mención de proyectos similares al que se plantea en este desarrollo, los cuales se encuentran detallados en el artículo del diario *Clarín* que se presenta en la sección de anexos. Todos los proyectos mencionados en el artículos surgen de la misma situación problemática planteada en el presente PFI y si bien estos proyectos tienen diferentes formas de aplicar la tecnología en la problemática planteada, todos apuntan a modernizar los procesos de supervisión de granos con el fin de mejorar la calidad y gestión de los mismos para poder competir en un mercado cada vez mas exigente.

Es por lo planteado anteriormente, que se considera que la propuesta del reciente PFI resulta innovadora. Teniendo en cuenta, no sólo que hasta la fecha no existen productos o proyectos que utilicen las tecnologías comentadas anteriormente, sino que las mismas son de gran utilidad y eficiencia para el proyecto.

2.1 Estado del Arte

De acuerdo al sistema mencionado inicialmente, respecto del producto fabricado por la empresa MEASUREINSTRUMENTS , se detallan sus características:

- 2.1.1 Sensores de temperatura semiconductores.
- 2.1.2 Lectura de datos centralizada a través del software de monitoreo remoto desde una PC.
- 2.1.3 Lectura de datos manual desde un cabezal digital portátil.
- 2.1.4 Envío de datos a través de cable de comunicación.
- 2.1.5 Opcionales:
 - Sensor de Humedad.
 - Alarmas por focos de temperatura.
 - Control automático de aireadores.
 - Monitoreo de la humedad del material, durante la carga del silo.

Por otro lado, según el artículo “*Del control de granos a malezas, todo en el celular*” del diario *Clarín*, los proyectos que se describen apuntan a la supervisión de los granos mediante un teléfono móvil, lo cual es otro enfoque diferente a lo que se plantea en el presente desarrollo, además de no mencionar la tecnología de adquisición de los datos. También cabe destacar que estos proyectos se encuentran actualmente en fase de prueba y desarrollo, por lo cual se pudo obtener muy poca información sobre los mismos.

2.2 Antecedentes de termometría en silos de grano

Cuando evocamos las grandes culturas del Cercano Oriente y Egipto, necesariamente debemos asociarlas al desarrollo y estabilidad de su agricultura, la cual fue posible por las excepcionales condiciones naturales de su ambiente para almacenar granos y semillas. Las características de su clima subtropical, muy seco y con bajas temperaturas nocturnas, permitió almacenar fácilmente éstos productos, sin que ocurriesen mayores pérdidas de su calidad; lo cual les garantizó ser el polo de desarrollo de ambas civilizaciones.

Los restos arqueológicos encontrados y los textos del mundo antiguo, muestran que ya se usaban silos de almacenaje de granos en Egipto y la Antigua Grecia al menos desde el siglo VIII a.C.

En la antigua Roma, se llegaron a construir grandes silos (hoyos) excavados en el suelo, recubiertos por arcilla donde se acopiaba el grano tostado para su conservación a largo plazo.

El primer silo moderno, en madera y posición vertical y como depósito de granos, fue inventado y construido en 1873 en Estados Unidos.

Actualmente, la capacidad de acumulación de alimentos y semillas distingue también a los países más avanzados del globo.

Tanto los granos como las semillas son seres vivos, en consecuencia respiran y utilizan el oxígeno del aire, producen dióxido de carbono, agua y energía que se traduce en calor, pero a un nivel metabólico tan mínimo que diera la impresión de estar sin vida. Esto les

permite que se puedan almacenar en grandes volúmenes y durante largos períodos sin mayores consecuencias de deterioro, siempre que las condiciones ambientales sean favorables a su conservación.

Todas las prácticas que se realizan durante la postcosecha tienen como objetivo común minimizar las pérdidas de granos, tanto en forma cuantitativa como en forma cualitativa durante esta etapa. Para que estos controles cumplan con sus objetivos, es fundamental partir de una buena calidad inicial de granos ya que los mismos alcanzan el máximo de calidad en el momento de madurez fisiológica y a partir de dicho período la calidad comienza a deteriorarse.

Cuando los granos se guardan sin alteraciones físicas y fisiológicas, mantienen todos los sistemas propios de autodefensa y se conservan mejor durante el almacenamiento. Son tan importantes las características y condiciones de los granos al entrar al sistema, como la tecnología de postcosecha en sí misma.

En este sentido, es muy importante destacar como actividad fundamental en postcosecha el criterio de cuatro condiciones indispensables para la buena conservación de granos durante su almacenamiento; las cuales son: sanidad, limpieza, aireación y monitoreo.

2.2.1 Sistemas de almacenamiento de granos

En general podemos clasificar a los sistemas de almacenamiento, según la atmósfera del lugar donde se guardan los granos en:

- I. **Atmósfera Normal:** Es un almacenamiento en el cual el aire que rodea a los granos prácticamente tiene la misma composición que el aire atmosférico. Es el tipo de acaparamiento más difundido y dentro de éste, los sistemas más comunes son: Silos de chapa, Silos de malla de alambre, Celdas, Galpones, etc.

En este tipo de instalaciones los granos deben acopiarse secos. La humedad de recibo se toma como humedad de referencia para el posterior control de los mismos. A medida que la humedad aumenta, aumenta el deterioro de los granos principalmente causado por el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias. Estos microorganismos necesitan de la humedad para crecer, se van desarrollando aumentando la temperatura de la masa de granos. Por otra parte, es necesario también hacer un control estricto de los insectos que pueden perjudicar en gran proporción a los granos, ya que asimismo calientan la masa de granos.

Para entender mejor la importancia de la medición de la temperatura y humedad en este tipo de sistemas de almacenaje, a continuación se muestra la Tabla I, donde se determina el tiempo de almacenaje seguro de los granos de maíz:

Temp. °C	Humedad del grano (%)					
	24	22	20	18	16	14
40	1	3	4	9	17	27
35	2	3	5	11	19	32
30	2	4	7	15	23	48
25	4	7	12	28	45	90
20	8	12	22	49	80	170
15	16	22	39	85	160	320
10	26	35	60	140	265	500
5	59	90	150	350	650	1000

Tabla I: Tiempo de almacenaje seguro de granos (expresado en días)

Como se puede observar en la Tabla I, si se recibe maíz con un 20% de humedad y a 25°C de temperatura sería posible almacenarlo por 12 días. Pero si la temperatura sube a 30°C sólo se podría acopiar por 7 días en esas condiciones. Con lo que se observa claramente que no solo el grano húmedo se deteriora con mayor rapidez que el grano seco, sino que además eleva su temperatura velozmente.

II. **Atmósfera Modificada:** Es un sistema de almacenamiento, en el cual se procura modificar la atmósfera interior del lugar donde se encuentran los granos, con el fin de restringir la disponibilidad del oxígeno del aire y así poder disminuir los procesos de respiración de los hongos e insectos. De esta forma se controla su desarrollo y se evita el daño de los granos. La falta de oxígeno, también evita su oxidación.

Este tipo de almacenamiento se puso en práctica de manera extensiva con la aparición en el mercado de las bolsas plásticas, y se denomina Silo Bolsa.

Dichas bolsas son de polietileno de baja densidad y permiten el resguardo de los granos de una forma mucho más económica y sin necesidad de contar con una gran infraestructura, como en el caso de los silos comunes.

Por todo esto, tanto para el almacenamiento con atmósfera natural como para el de atmósfera modificada, es muy importante el control térmico y de humedad dentro del silo. De esta manera se puede realizar un seguimiento de la actividad biológica de los granos durante el tiempo que los mismos permanecen acopiados.

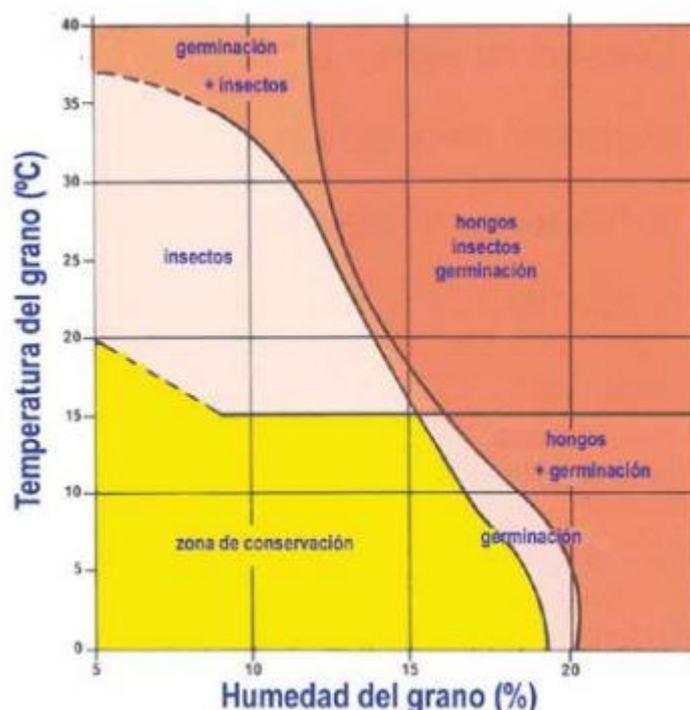


Figura 3: Diagrama de conservación de los granos.

2.3 Técnica de la termometría

La medición de la temperatura del grano es la principal herramienta usada para supervisar condiciones de almacenaje tradicional (silos y celdas) por los establecimientos rurales, acopios comerciales y la industria; puesto que un aumento en temperatura del grano se correlaciona altamente con el aumento en la actividad biológica (lo cual indica deterioro de calidad) en la masa del grano.

El objetivo de un programa efectivo de manejo de grano almacenado, es eliminar las diferencias de temperatura a través de toda la masa de grano, y mantener un medio ambiente en concordancia con las condiciones externas. El seguimiento frecuente de las variaciones de temperatura se realiza con la utilizando sistemas de control de temperatura, éstos están constituidos por cables que disponen sensores de temperatura espaciados entre sí, que permiten determinar que está ocurriendo dentro de la cosecha de granos.

Así, como se observa en la Figura 3, un incremento de temperatura en un punto de cable indica un posible ataque de una plaga, por lo cual deben aplicarse las medidas preventivas correspondientes.

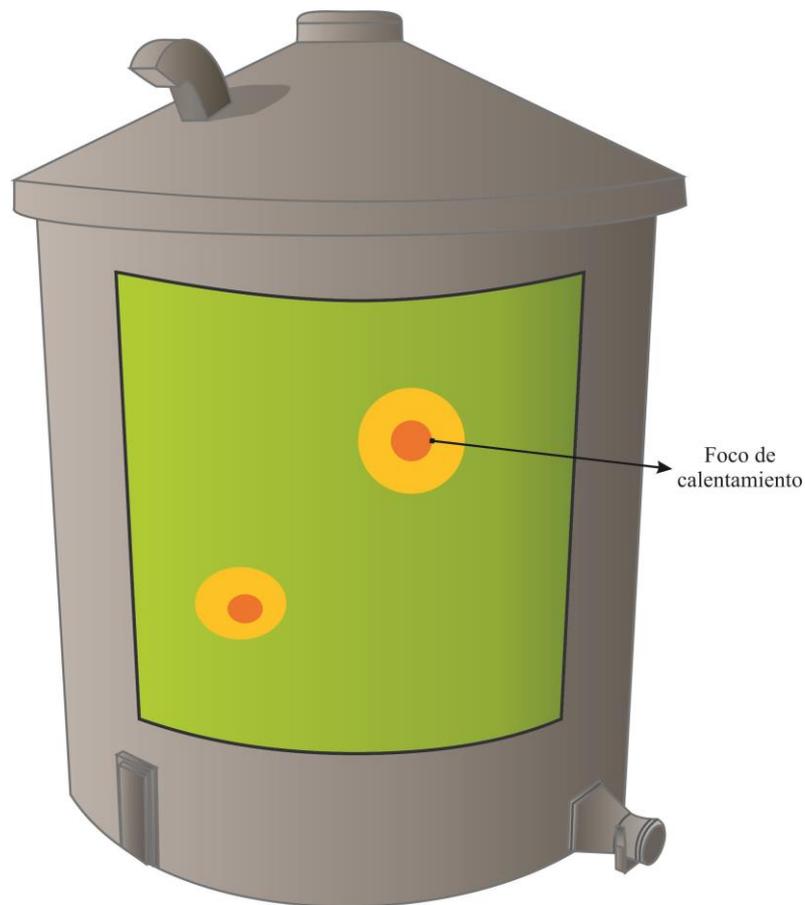


Figura 4: Gráfica de los focos de temperatura

El sistema de monitoreo de temperatura que se propone en el presente proyecto consiste en implementar cables de acero colgados en el interior del silo espaciados entre sí, los cuales cuentan con sensores de temperatura cada 2 metros, que toman la temperatura en esos puntos. Los cables consisten de un nervio de acero que le da la resistencia a la tracción, en conjunto con los sensores y una cobertura plástica para protegerlos de la abrasión.

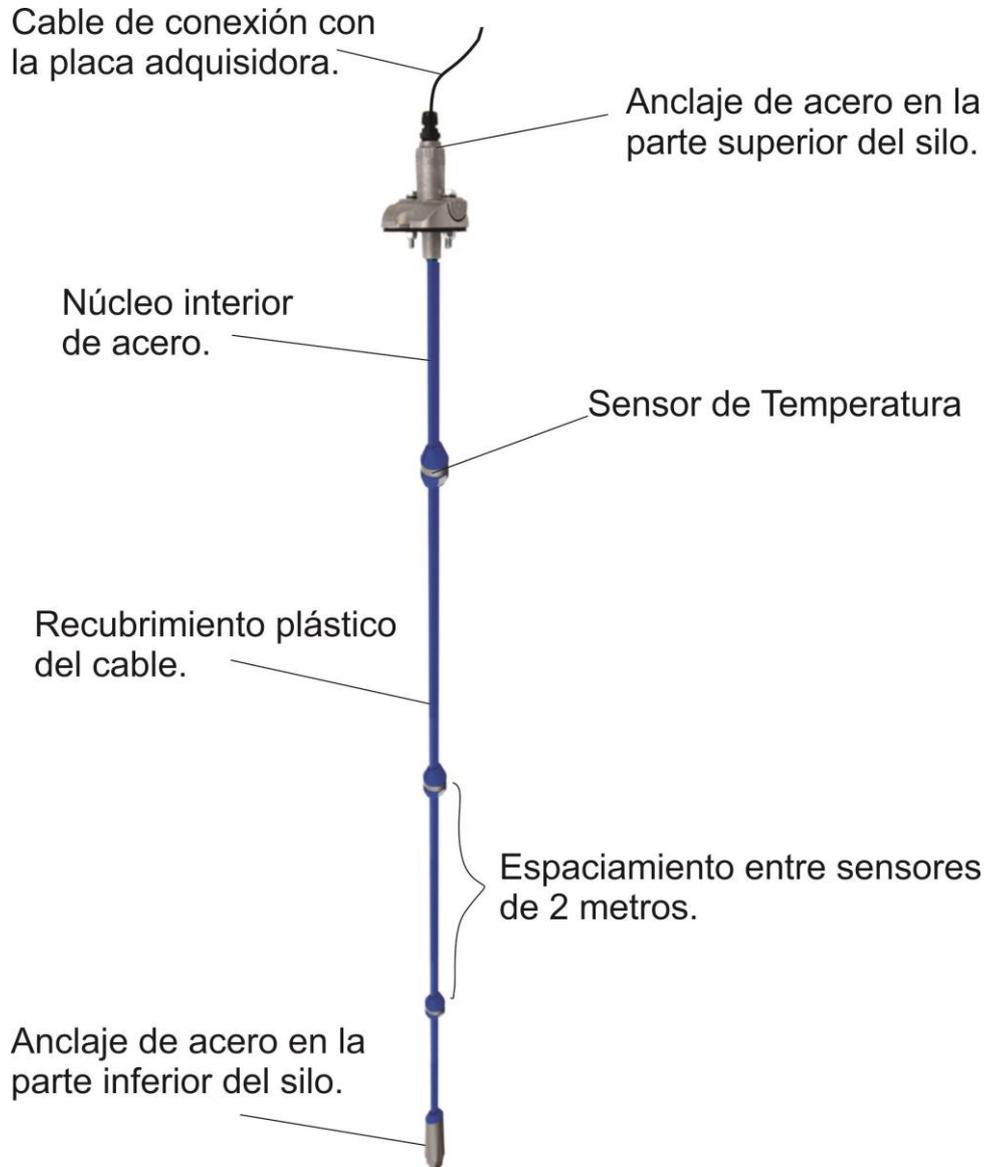


Figura 5: Detalle completo del cable utilizado.

El espaciamiento entre sensores, se debe a que en la masa de granos es factible que se generen cúmulos de temperatura los cuales son difíciles de detectar, con lo cual mediante la incorporación de estos sensores se podría conocer detalladamente la temperatura dentro del silo, para poder tomar medidas preventivas que mantengan la calidad del grano.

La cantidad de cables que debe instalarse en un silo depende del tamaño del mismo. Para silos de hasta 6 metros de diámetro es suficiente implementar un solo cable, ya que cada sensor tiene un radio de sensibilidad de 3 metros. En los silos de mayor diámetro, se debe instalar un número mayor de cables, ubicados de manera tal que puedan medir abarcando el mayor espacio posible.

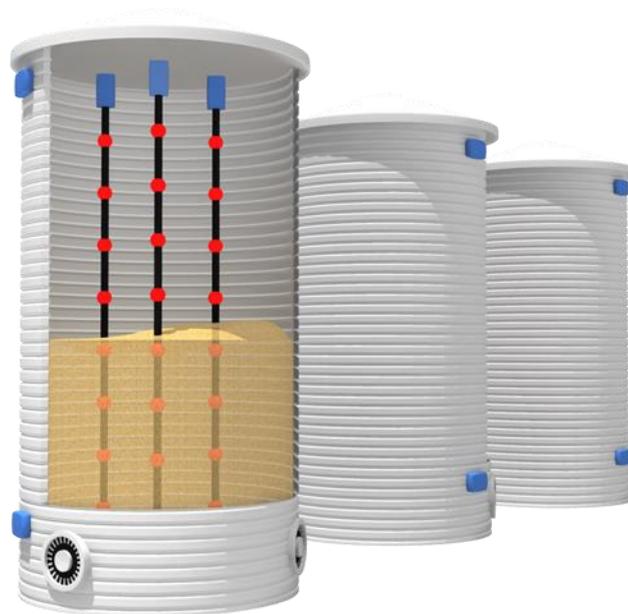


Figura 6: Esquema de distribución de los sensores de Temperatura

La información suministrada por los diferentes sensores se recopila por medio de un microcontrolador (Placa adquisidora) en el nodo remoto presente en la parte superior del silo y es enviada en forma inalámbrica por el modulo inalámbrico hacia los diferentes nodos, los cuales comparten la misma red de datos hasta llegar al concentrador, donde recibe los datos y los muestra en un software mediante el cual el operador puede ver detalladamente

las diferentes temperaturas dentro del silo, y así poder tomar los recaudos necesarios (movimiento de los granos, aireación del silo).

Debe entenderse a la termometría como una herramienta imprescindible para la conservación de los granos en el campo, ya que conocer la temperatura y su variación a través de varios días proporciona como ventajas:

- Llevar el grano a temperaturas de 10 – 15°C, lo que inhibe la acción depredadora de los insectos y reduce la actividad de hongos y microorganismos, lográndose un almacenamiento seguro y mínimo uso de productos químicos para la conservación.
- Disminuir el consumo de energía eléctrica, ya que gracias a los datos suministrados por los sensores se puede realizar la aireación sólo cuando es necesario y de forma más eficiente.
- Evitar las mermas de peso que se producen en los granos cuando se airea en exceso con tiempo seco, o el incremento de humedad si la aireación se realiza con tiempo demasiado húmedo.
- El seguimiento de la temperatura permite detectar a tiempo focos de calentamiento que pueden ocasionar el deterioro parcial o total de la masa de granos.
- Diagnosticar la causa de los problemas y la solución a aplicar a los mismos (ataques de insectos, ingreso de agua al silo, condensación de humedad)
- Llevar la masa de granos a la uniformidad de temperatura y humedad, para prolongar el tiempo de almacenaje seguro de los granos.
- Cuando se realiza el secado en el silo se puede controlar la homogeneidad de la temperatura en toda la altura de la masa de granos.

2.4 Propuesta Innovadora

Lo que se propone en este trabajo es un novedoso sistema de adquisición y monitoreo de temperatura en los silos de almacenaje, ya que gracias a la investigación que realizamos sobre la problemática del tema, hay pocas ofertas disponibles y la que comentamos con anterioridad de la empresa *Measureinstruments*, no posee la característica de enlaces inalámbricos.

Como se mencionó, la incorporación de la tecnología ZigBee representa un valor agregado muy importante, ya que es una tecnología muy moderna y muy flexible. Ésta nos permite una comunicación inalámbrica segura; contar con la disponibilidad de múltiples nodos remotos; bajo costo de instalación por punto y tecnología de redes Mesh, la cual nos brinda redundancia y mejor alcance. Además, tiene la posibilidad de incrementar el número de nodos remotos, aumentando el número de nuevos puntos de adquisición sin impactar en la red.

A su vez, estos nodos remotos con tecnología ZigBee consumen muy poca energía, lo que los hace ideales para zonas rurales que poseen poco mantenimiento. Con el agregado de que cada nodo puede utilizarse como nodo de enlace entre el punto de adquisición y el punto de monitoreo permitiendo su implantación en grandes extensiones de terreno.

Según informes del INTA, *“se pierden alrededor de 750 millones de dólares por año durante las etapas de traslado y acopio de los granos; con lo cual es un producto que posee un importante mercado y ayudará a mejorar el rendimiento de los sistemas de almacenamiento de granos.”*

CAPÍTULO III

MARCO TÉCNICO LEGAL

Capítulo III: MARCO TÉCNICO LEGAL

3. Regulaciones y aspectos técnicos de tecnologías

Las tecnologías relacionadas al espectro radioeléctrico son reguladas por la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), dependiente de la Secretaría de Comunicaciones de la Nación.

Cabe aclarar que si bien existen regulaciones en referencia al uso del espectro radioeléctrico, la tecnología ZigBee es muy posterior a la Ley de Telecomunicaciones N° 19.798 de nuestro país, en donde no se hace referencia puntual a dicha tecnología.

Por ello se tomaron en cuenta las recomendaciones del uso e implementación ya realizadas en proyectos de domótica², de los cuales se encuentra gran cantidad de documentación, que ayudaron a entender cómo se realiza el manejo de los datos transmitidos.

3.1 Leyes de Seguridad y Medio Ambiente

Desde el punto de vista legal, se comentan las leyes y normas de seguridad que se implementan en el almacenaje de grano en la República Argentina, con el objeto de enunciar los procedimientos que impactan en la implementación y posterior funcionamiento de la mejora propuesta en el presente proyecto.

Tomamos como principal referencia la Ley N° 12.605 (Ley de almacenamiento, clasificación, acondicionamiento y conservación de granos). Dicha ley estipula cuáles serán los cuidados que se deben tener en lo referido al almacenamiento de granos y los impactos ambientales que este proceso puede generar.

² Domótica: Se entiende por domótica el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación.

Ley N° 19.587 (Ley Nacional de “Seguridad e Higiene en el Trabajo”, reglamentada por el decreto 351/79), indica la forma en la que el operario debe hacer las tareas de mantenimiento e instalaciones de los nuevos componentes.

3.2 Tecnología ZigBee

ZigBee constituye una de las grandes partes de nuestro proyecto, puesto que será el medio de transmisión elegido para el envío de nuestros datos una vez medidos con los sensores. Como veremos más adelante, ZigBee puede ser usado para una gran variedad de aplicaciones, según se observa en la Figura 5; pero en el caso del presente proyecto nos interesa su utilización para fines de monitorización de la temperatura y humedad en el interior del silo de almacenamiento.



Figura 7: Aplicaciones de Tecnología ZigBee

En las páginas siguientes se tratará de forma amplia y específica el funcionamiento de este tipo de conexión, partiendo de una definición de ZigBee y posteriormente estudiando tanto sus principales características como su funcionamiento en una red.

Otro punto a tener en cuenta, es el porqué de su elección teniendo otros tipos de posibilidades. Para ello se realizará una comparación con otros medios de transmisión muy similares a ZigBee. A partir de dicha comparativa podremos entender y asimilar que un medio ZigBee para este tipo de proyecto es lo más adecuado.

3.2.1 ¿Qué es ZigBee?

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica. Dicha especificación define una solución para comunicaciones inalámbricas de bajo costo y bajo consumo energético. El principal objetivo que pretende satisfacer una red de comunicación ZigBee, es la de comunicar aplicaciones que requieren comunicaciones seguras, con baja tasa de envío y maximización de la vida útil de sus baterías. La red, en su conjunto, utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta 5 años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.

La *ZigBee Alliance* es el grupo encargado de su desarrollo. La primera versión 1.0 fue aprobada el 14 de diciembre de 2004. En diciembre de 2006 se aprobó el protocolo ZigBee 2006, y actualmente se está trabajando en nuevas versiones.

El medio de transmisión ZigBee trabaja sobre la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868MHz en Europa, 915MHz en Estados Unidos y 2.4GHz en todo el mundo. Al ser éste último libre en todo el mundo, las empresas optan por esta opción a la hora de diseñar. En el rango de frecuencias de 2.4GHz se definen hasta 16 canales, cada uno de ellos con un ancho de banda de 5MHz.

La pila de protocolos ZigBee, también conocida como ZigBee Stack, se basa en el nivel físico (PHY) y el control de acceso al medio (MAC) definidos en el estándar IEEE 802.15.4, que desarrolla estos niveles para redes inalámbricas de área personal de baja tasa de transferencia (LR-WPAN, Low Rate - Wireless Personal Area Network).

La especificación ZigBee completa su estándar añadiendo cuatro componentes principales:

- Nivel de red
- Nivel de aplicación
- Objetos de dispositivos ZigBee
- Objetos de aplicación definidos por el fabricante

Además de añadir dos capas de alto nivel (nivel de red y de aplicación) a la pila de protocolos, el principal cambio es la adición de los Objetos de dispositivos ZigBee; ya que son los responsables de llevar a cabo una serie de tareas, entre las que se encuentran el mantenimiento de los roles de los dispositivos, la gestión de peticiones de unión a una red, el descubrimiento de otros dispositivos y la seguridad.

También hacer referencia a los objetos de aplicación definidos por el fabricante, puesto que favorecen la integración total y permiten la personalización y adaptación.

Dicha ZigBee Stack (Pila de protocolos ZigBee) será un elemento a tener en cuenta más adelante, puesto que los dispositivos que se usen para implementar el presente proyecto deberán ser totalmente compatibles con ZigBee y de este modo poder programar la pila de protocolos.

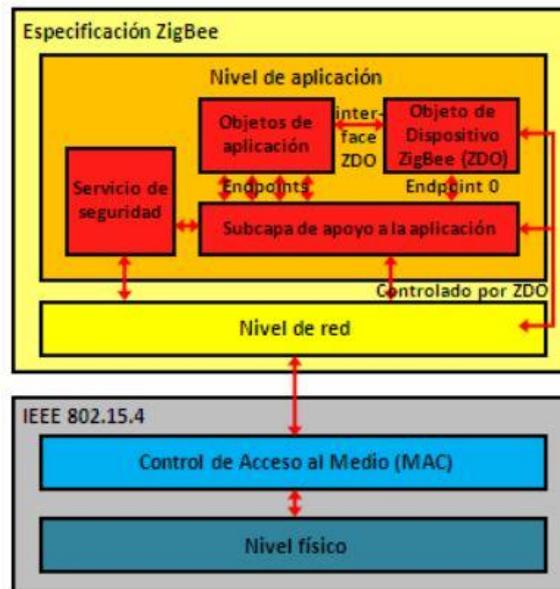


Figura 8: Pila de protocolos (ZigBee Stack)

3.2.2 Dispositivos que constituyen ZigBee

En una red ZigBee podemos encontrar y detectar tres tipos de dispositivos ZigBee diferentes, según el papel que desarrollen en nuestra red. Estos dispositivos son los siguientes:

- **Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC):** Consiste en el dispositivo más completo de los tres, puesto que sus funciones son las de controlar y coordinar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos. Debemos encontrar obligatoriamente un ZC en cada red ZigBee.
- **Router ZigBee (ZigBee Router, ZR):** Su función es la de interconectar los dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.

- **Dispositivo Final (ZigBee End Device, ZED):** En este dispositivo queda representado las principales características de ZigBee, como el bajo consumo y el bajo costo. Los ZED poseen la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo principal, el cuál puede ser el Router ZigBee o el Coordinador ZigBee, pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. Es por ello, que este tipo de dispositivo puede estar “dormido” la mayor parte del tiempo aumentando así la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por ello significativamente más barato.

3.2.3 Modelo de redes ZigBee

Un aspecto a tener en cuenta son los ejemplares de topologías de red que permite el estándar que soporta ZigBee. Su nivel de red permite tres topologías distintas:

- Topología en estrella.
- Topología en árbol.
- Topología de malla.

Toda red necesita al menos un dispositivo coordinador FFD (*Full Function Device*), que son dispositivos que tienen funcionalidad completa, ya que pueden operar como coordinador de red. También se encuentra conformada por dispositivos nodos (RFD), los cuales son dispositivos con funcionalidades reducidas, ya que sólo pueden recibir órdenes o informar datos a un coordinador de red.

A continuación se detallan las distintas clases de topologías de ZigBee, dónde se sitúa en cada uno de ellos el coordinador de la red y cuál es la topología más adecuada:

- **Topología en estrella:**

En redes en estrella el coordinador se sitúa en el centro, y toda conexión que se quiera realizar entre los distintos nodos de la red debe pasar por éste.

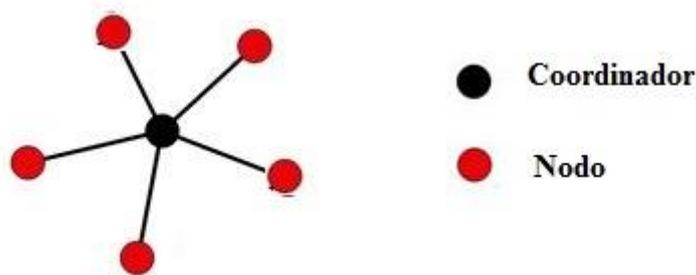


Figura 9: Estructura de una red en estrella.

Las ventajas que nos puede aportar una red en estrella, sería la facilidad a la hora de implementarla.

- **Topología en árbol:**

Topología de red en la que los nodos están colocados en forma de árbol (Figura 8). Para este tipo de topología el coordinador será la raíz del árbol. Desde una vista topológica, la conexión en árbol es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas, salvo que no tiene un nodo central.

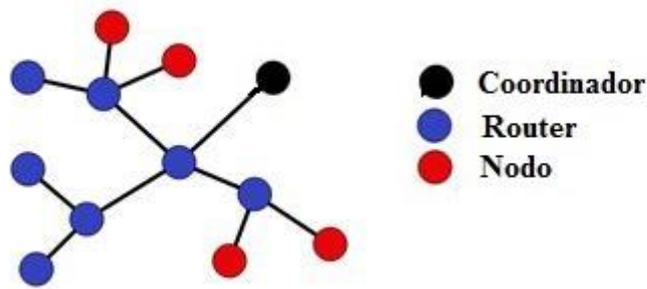


Figura 10: Estructura de red en árbol.

En redes de árbol se permite el uso de Router ZigBee para interconectar los distintos nodos de la red.

La ventaja es que, mediante este tipo de modelo, la extensión de la red puede ser mucho más grande, ya que los dispositivos router enlazarán los dispositivos sensores con el dispositivo coordinador. En contrapartida, los problemas asociados a este tipo de topología radican en que los datos son recibidos por todas las estaciones, sin importar para quienes vayan dirigidos. Por lo tanto, es necesario dotar a la red de un mecanismo que permita identificar al destinatario de los mensajes.

- **Topología en malla:**

La topología más interesante es la topología de malla. Consiste en que al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones. Con ello conseguimos que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos.

Gracias a las estructuras arbitrarias que permite la topología en malla (Figura 9), es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos.

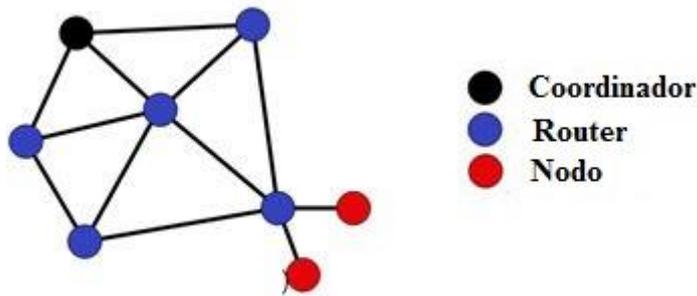


Figura 11: Estructura de red en malla.

Los beneficios de la utilización de este tipo de tecnología, la cual hemos elegido para el presente proyecto, radican en la seguridad de la transmisión de datos (si un nodo falla, otro se hará cargo del tráfico de datos); cada nodo tiene sus propias comunicaciones con los demás nodos, cada uno extiende el alcance de la red, por lo cual es posible la transmisión de información de un nodo a otro por diferentes caminos.

3.2.4 Comparación de ZigBee con otras Tecnologías

Como se ha detallado anteriormente, el desarrollo de la tecnología ZigBee se centra en la sencillez y el bajo costo de sus nodos y en el bajo nivel de transmisión de información. Es por ello que su utilización en el presente proyecto es la más adecuada en comparación con otras redes inalámbricas semejantes, como por ejemplo Bluetooth y WiFi.

ZigBee es muy similar a la tecnología Bluetooth, pero con algunas diferencias:

- Una red ZigBee puede estar constituida teóricamente por más de 65000 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, frente a los 8 máximos de una subred (piconet³) Bluetooth.

³ *Piconet*: Se conoce como *piconet* a una red de dispositivos informáticos que se conectan utilizando Bluetooth. Un *piconet* puede constar de dos a ocho dispositivos, y siempre habrá un “maestro” y los demás serán “esclavos”.

- ZigBee posee un menor consumo eléctrico que Bluetooth. Este menor consumo se debe a que el sistema ZigBee, como ya se ha mencionado inicialmente, se queda la mayor parte del tiempo en estado de reposo, mientras que en la comunicación Bluetooth esto no ocurre; ya que los nodos en este caso están siempre en transmisión y/o recibiendo.
- La velocidad ZigBee es menor a la de Bluetooth. La primera tiene una velocidad de hasta 250kbps, mientras que en Bluetooth es de hasta 1Mbps. Esta diferencia de valores es lógica si tenemos en cuenta que ZigBee se basa en una transmisión de datos baja, y por lo tanto no nos afecta en gran medida en el momento de transmisión y recepción de datos.

Expresadas las principales diferencias entre ZigBee y Bluetooth, podemos llegar a la conclusión de que uno es más apropiado que el otro para ciertas aplicaciones. Haciendo referencia a la diferencia de velocidades, Bluetooth se usa para aplicaciones con mayor carga de información para transmitir.

En el caso de la tecnología WiFi la principal ventaja que nos proporciona aparte de las altas velocidades de transferencia, es la capacidad de suministrar cobertura en un gran rango de distancia (capaz de alcanzar los 100 metros), pero como contra partida este tipo de tecnologías requieren una sustancial fuente de energía para poder transmitir la información lo cual no es viable para el presente proyecto.

Por lo tanto, vistas las principales diferencias entre ZigBee, Bluetooth y WiFi podemos concluir que ZigBee es la tecnología más adecuada para el proyecto, ya que el sistema que proponemos se caracteriza por una baja transmisión de datos proveniente de los distintos sensores de temperaturas en el interior del silo de almacenaje. Además, otra de las características determinantes de la elección de ésta tecnología, es el bajo consumo de energía que estas redes necesitan para funcionar lo cual es crucial en el sistema de monitoreo que se propone, a causa de que éste se desplegará en un ambiente rural con poco mantenimiento.

A continuación en la tabla II, se detallan las diferentes características de los sistemas donde se puede observar técnicamente las especificaciones de las diferentes tecnologías en forma clara:

Comparación de Tecnologías Inalámbricas			
	Wi Fi	Bluetooth	ZigBee
Frecuencia	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868MHz, 915MHz
Tamaño de Pila	1Mb	1Mb	20Kb
Tasa de Transferencia	11-108Mbps	1Mbps	250Kbps (2.4GHz)
Alcance de nodos	100 m	10 m	10 m - 100 m
Requisitos de alimentación	Horas de Batería	Días de Batería	Años de Batería
Introducción al mercado	Alta	Media	Baja
Consumo de Potencia	400mA Transmitiendo 20mA en reposo	40mA Transmitiendo 0,2mA en reposo	30mA Transmitiendo 3µA en reposo
Complejidad	Media	Compleja	Simple
Precio	Accesible	Accesible	Bajo

Tabla II: Comparación de tecnologías inalámbricas.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

Capítulo IV: DESARROLLO

4. Introducción

En el presente capítulo se detallan cuáles son las nociones técnicas relacionadas al proyecto, como así también, todos los elementos que lo componen, a saber:

4.1 Locación

La implementación del sistema desarrollado en este proyecto se emplaza en locaciones rurales, donde puede haber una planta de almacenaje de granos conformada por varios silos con infraestructura eléctrica, o también silos pequeños en zonas geográficas alejadas donde no existe infraestructura eléctrica.

Como se mencionó en capítulos anteriores, nuestra propuesta no requiere de una red eléctrica, ya que los nodos emplazados en los silos van a utilizar baterías y el puesto de monitoreo puede encontrarse a una gran distancia gracias a la red malla que se propone utilizar; la cual no sólo brindará alcance geográfico, sino redundancia de datos en caso de algún desperfecto en los nodos.

Los componentes que complementan e integran un silo de almacenaje de granos son los siguientes (ver figura 10):

- Boca de llenado
- Ventilación de humedad
- Fondo perforado inclinado
- Boca de descarga
- Ventilador

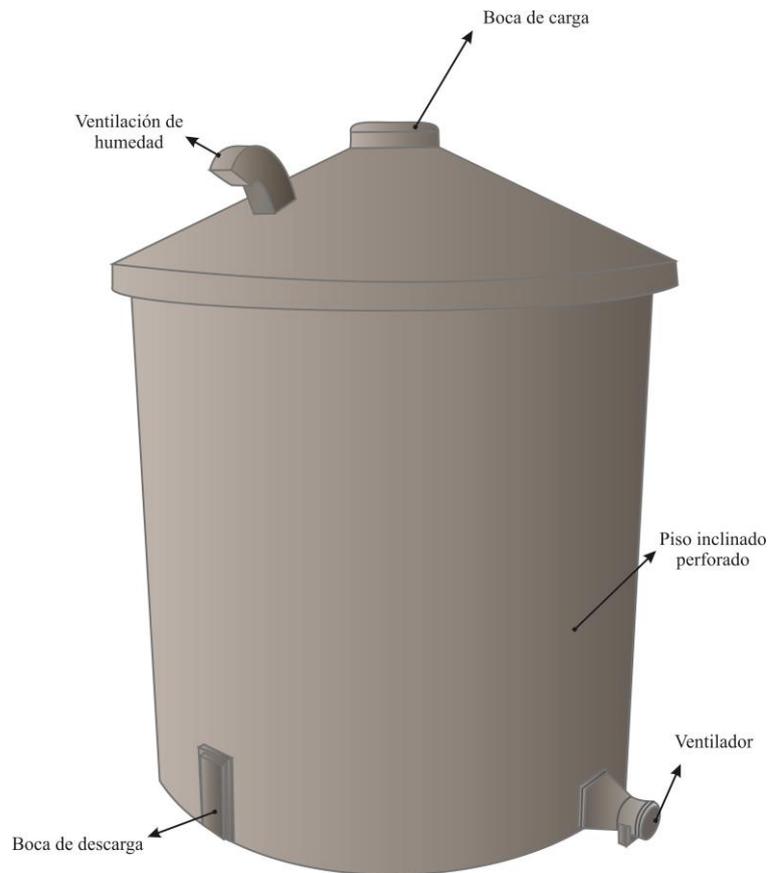


Figura 12: Diagrama de componente de un silo.

A partir del diagrama anterior de los componentes de un silo, se destaca que el dispositivo de monitoreo de temperatura se ubicará en la parte superior del silo; no solamente por tener un menor recorrido de cableado (ya que los sensores irán colgados desde el techo) sino también para que el transmisor inalámbrico posea una mayor cobertura.

En la actualidad, el control de la temperatura de los silos se realiza en forma muy rudimentaria y sin ningún tipo de análisis. En general, los encargados de mantenimiento encienden los sistemas aireadores en base a su experiencia y costumbre, pero sin tener en cuenta las diferentes temperaturas que pueden existir dentro de la masa de granos, esto trae aparejado un déficit en el rendimiento económico y además un gasto eléctrico en muchos casos innecesario, ya que no puede saberse a ciencia cierta si se requiere la ventilación del silo.

Por ello, para el control y monitoreo de los granos almacenados se propone el innovador sistema de adquisición y visualización de temperatura, que se instalará en el techo del silo y mediante un componente transmisor enviará, de manera inalámbrica, los datos adquiridos de un nodo a otro hasta llegar al nodo coordinador; el cual mediante una interfaz se conectará con una computadora y el software mostrará los datos adquiridos por los sensores.

4.2 Dispositivo de adquisición de temperatura

El dispositivo SAT (Sistema de Adquisición de Temperatura) está conformado por dos componentes principales: un módulo transmisor y un micro controlador, el cual se encargará de la adquisición de datos de los sensores ubicados en el interior del silo. Estos componentes se encontrarán alojados en una caja debidamente preparada para instalarse en la parte superior del silo.

Para el presente proyecto se utilizará como modulo transmisor, el producto *Xbee*⁴ del tipo inalámbrico. Dicho transmisor *Xbee*, es el que se encargará de transferir los datos entre los diferentes nodos hasta llegar al receptor *Xbee* coordinador en el puesto de monitoreo.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz, la velocidad de transmisión de datos es de hasta 256kbps, y la red puede absorber teóricamente hasta 65.535 dispositivos. Es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta gran cantidad de dispositivos, pero desde el punto de vista teórico y no práctico.

Un punto a destacar es que los módulos *Xbee*, pueden ajustarse para redes de configuración punto a punto y punto a multipunto. Otra de las grandes características que

⁴ Xbee: Los módulos transmisores llamados XBEE PRO (Marca: Digi Maxstream) cumplen con el estándar IEEE 802.15.4 y funcionan bajo el protocolo "Zigbee" que es un protocolo basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4. Permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas.

poseen estos módulos es su alimentación de 3.3V y que son de muy bajo consumo, ya que las baterías pueden durar años.

Los módulos utilizados en el presente desarrollo son el modelo *Xbee* PRO de la Serie 1, que tiene mayor capacidad de alcance y permite aumentar la distancia de transmisión/recepción, ya que poseen una mayor potencia en la señal del orden de 60 a 100 mts.



Figura 13: Módulo *Xbee* PRO

Se destaca que los datos son transmitidos en forma inalámbrica entre los módulos *Xbee* a fin de reemplazar el uso de cables dentro del emplazamiento de la locación.

En el siguiente esquema se observa cómo se diagraman las interfaces y donde van ensamblados los módulos *Xbee*:

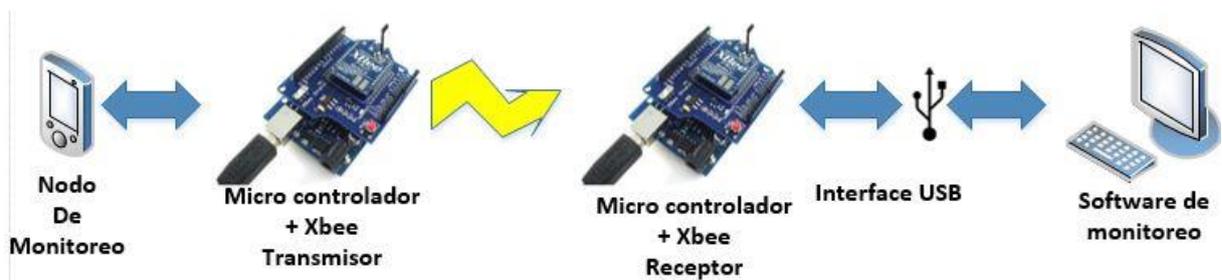


Figura 14: Circuito de transmisión y recepción

4.3 Módulo inalámbrico

En la actualidad es más frecuente el uso de micro-controladores y dispositivos que permiten realizar tareas de domótica. Es por ello que estos sistemas de transmisión permiten a los datos que se encuentran en redes aisladas, puedan interconectarse con otras redes a través de enlaces inalámbricos. Existen distintos tipos de fabricantes de módulos de transmisión de datos y cada uno con características similares, los módulos *Xbee* PRO fueron diseñados para operar dentro del protocolo ZigBee soportando las necesidades particulares de las redes de sensores de bajo costo y consumo, requiriendo alimentación mínima y a la vez permitiendo el transporte confiable de datos entre dispositivos remotos.

El módulo inalámbrico utilizado opera dentro de la banda ISM⁵ (*Industrial, Scientific and Medical*) utilizando una frecuencia de 2.4 GHz. Esto permite que dispositivos de este tipo queden dentro del ancho de banda de las regulaciones de nuestro país sin afectar a otros sistemas de radiofrecuencia, ya que esta frecuencia se refiere a la banda libre. Dichos módulos utilizan el protocolo de comunicación 802.15.4 y son fabricados por la empresa *Max Stream*.

Su utilización está enfocada a la automatización, sistemas de seguridad, supervisión de sistemas remotos, dispositivos domésticos, alarmas contra incendios, etc. El alcance de estos dispositivos está dado por el uso para interiores, es decir dentro de una estructura cerrada su alcance es de 30 mts. Mientras que para exteriores es de 100 mts con una antena dipolo.

La corriente de operación de estos dispositivos es del orden de los 50mA á 215mA, tanto para transmisión como para recepción, mientras que en el modo de bajo consumo se reduce a tan sólo 10uA. La tensión de operación es 3,3V.

⁵ ISM: son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. El uso de estas bandas de frecuencia está abierto a todo el mundo sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida.

Se pueden utilizar varios tipos de antenas: antena chip integrada en el módulo, antena de cuarto de onda en el módulo, conector RPSMA⁶ para antena externa al módulo.

Los módulos *Xbee* pueden ser programados a través de una hyper-terminal y una interfaz serial, con un Max232 y una serie de comandos llamados AT, que presenta cierta complejidad en su programación. Asimismo, existen dos tipos de interfaces, Serial y USB que se pueden utilizar para la programación con un software propietario llamado X-CTU.

El funcionamiento de estos módulos permite operar fundamentalmente en dos modos:

- **Peer-to-peer:** cada módulo se comunica con cualquier otro módulo dentro de su rango de alcance, emitiendo broadcasts o direccionando un módulo remoto. Esto requiere que todos los módulos tengan su receptor constantemente encendido, y dado que cualquiera puede recibir un mensaje en cualquier momento, permite mantener mensajes entre todos ellos.
- **Con coordinador:** uno de los módulos se configura para el rol de coordinador y está siempre alerta, pudiendo los remotos permanecer en modo bajo consumo por un tiempo determinado, el que se calcula para minimizarlo. Todas las comunicaciones de los remotos son hacia el coordinador y éste, puede almacenar hasta dos mensajes para cada remoto, hasta que interroga al coordinador si tiene algún mensaje para él al retornar al funcionamiento normal.

Para configurar los módulos se utiliza un programa de la misma empresa que los fabrica de uso gratuito (X-CTU) permitiendo programarlo de forma clara y simple, mediante una interfaz que muestra los comandos de Seguridad, Configuración de la interfaz de comunicación, modos de descanso, etc.

⁶ RPSMA: es un conector roscado para incorporar antenas de diferentes ganancias en las transmisiones de radio frecuencia.

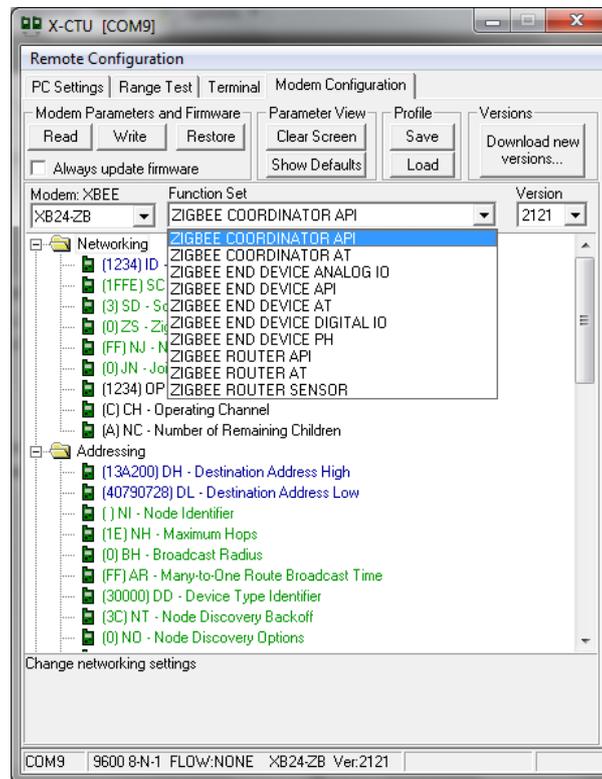


Figura 15: Panel de control del Xbee

El método de conexión para estos dispositivos varía de acuerdo al esquema electrónico donde se instale, y así también la forma en que se transmitirán los datos. Los módulos poseen una tabla de conexión con la que se puede identificar cada uno de los pines para poder diagramar el circuito integrado.

Los 20 terminales del módulo Xbee se muestran en el diagrama esquemático de la figura 14, en ella el pin 1 corresponde al voltaje de alimentación y el pin 10 al de tierra. En la tabla III se nombra y explica brevemente la función de cada una de las señales.



Figura 16: Diagrama esquemático del módulo *Xbee*

Las conexiones mínimas que se deben realizar para que el módulo *Xbee* se pueda conectar hacia una computadora son: VCC, GND, DIN. DOUT, RTS y DTR. Es importante hacer notar que estas señales deben ser acondicionadas a los niveles de voltaje que maneja el dispositivo (de 0 a 3.3V).

Terminal	Nombre	Dirección	Descripción
1	VCC	-	Alimentación
2	DOUT	Salida	Salida <i>UART</i>
3	DIN/CONFIG	Entrada	Entrada <i>UART</i>
4	DO8*	Salida	Salida digital 8
5	RESET	Entrada	Reset del módulo
6	PWM0/RSSI	Salida	Salida <i>PWM0</i> , Indicador de nivel de la señal RF
7	PWM1	Salida	Salida <i>PWM1</i>
8	[RESERVADO]	-	No conectar
9	DTR/SLEEP_RQ/DI8	Entrada	Control de flujo, terminal de <i>sleep</i> , entrada digital 8
10	GND	-	Tierra
11	AD4/DIO4	Ambas	Entrada analógica 4 o I/O digital 4
12	CTS/DIO7	Ambas	Control de flujo, I/O digital 7
13	ON/SLEEP	Salida	Indicador del estatus del módulo
14	VREF	Entrada	Referencia de voltaje para las entradas analógica
15	ASOCIACIÓN/AD5/DIO5	Ambas	Entrada analógica 5 o I/O digital 5
16	RTS/AD6/DIO6	Ambas	Control de flujo
17	AD3/DIO3	Ambas	Entrada analógica 4 o I/O digital 4
18	AD2/DIO2	Ambas	Entrada analógica 2 o I/O digital 2
19	AD1/DIO1	Ambas	Entrada analógica 1 o I/O digital 1
20	AD0/DIO0	Ambas	Entrada analógica 0 o I/O digital 0

Tabla III: Terminales del módulo *Xbee*

4.4 Micro controlador

El micro controlador estará compuesto por una CPU (*Central Processing Unit*), una memoria y puertos de E/S. Este dispositivo hará las tareas de recepción de los datos extraídos por los sensores, los procesará y mandará hacia el transmisor. Dentro de este componente podemos encontrar la operación de conversión A/D, es decir, pasar las posibles señales analógicas transmitidas por los sensores a señales digitales para que el transmisor pueda hacer el envío de los datos. Cabe mencionar que el micro controlador elegido deberá ser compatible con ZigBee, con ello queremos decir que sea apto para instalar y programar el ZigBee Stack.

Al momento de escoger el micro controlador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta un número de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponible, su precio, la disponibilidad en el mercado, la cantidad de fabricantes que lo producen y, por supuesto, las características del micro controlador que cumpla con los requisitos de la aplicación a desarrollar:

- **Procesamiento de datos:** puede ser necesario que el micro controlador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar, es decir, si no es suficiente con un micro controlador de 8bits, puede ser necesario acudir a micros de 16 o 32bits.
- **Entrada / Salida:** para determinar las necesidades de entrada/salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos, hardware externo o cambiar a otro micro controlador más adecuado para el sistema.

- **Memoria:** Para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM).

En éste proyecto el proceso de elección del micro controlador se hizo en base a un análisis de mercado, el cual nos dio como resultado que el micro controlador PIC16f877A era el dispositivo de mayor venta en Argentina y con un precio bajo, a partir de esto se verificó que el mismo cumplía con todos los requisitos necesarios para la aplicación de control de temperatura.

Los detalles más importantes que hacen que la familia de micro-controladores PIC sea la más utilizada hoy en día, son los siguientes:

- Sencillez de manejo: Poseen un juego reducido de instrucciones fáciles de implementar.
- Buena documentación, fácil de conseguir y económica.
- Precio: su costo es comparativamente inferior al de sus competidores.
- Poseen una elevada velocidad de funcionamiento.
- Herramienta de desarrollo sencillas y de bajo costo.
- Muchos proyectos que sirven de guía se encuentran libremente en internet.

La función que cumplirá el micro controlador en el presente trabajo, es el de actuar como dispositivo adquisidor, ya que mediante la programación del mismo se logrará obtener la medición de la temperatura y la humedad de cada uno de los 3 sensores que se encuentran a lo largo del cable en el interior del silo. Este micro controlador, luego de adquirir los datos de temperatura los enviará en forma programada al módulo inalámbrico que se

encuentra en la misma placa lógica el cual se encargara de la transmisión de los datos desde el silo al puesto de monitoreo.

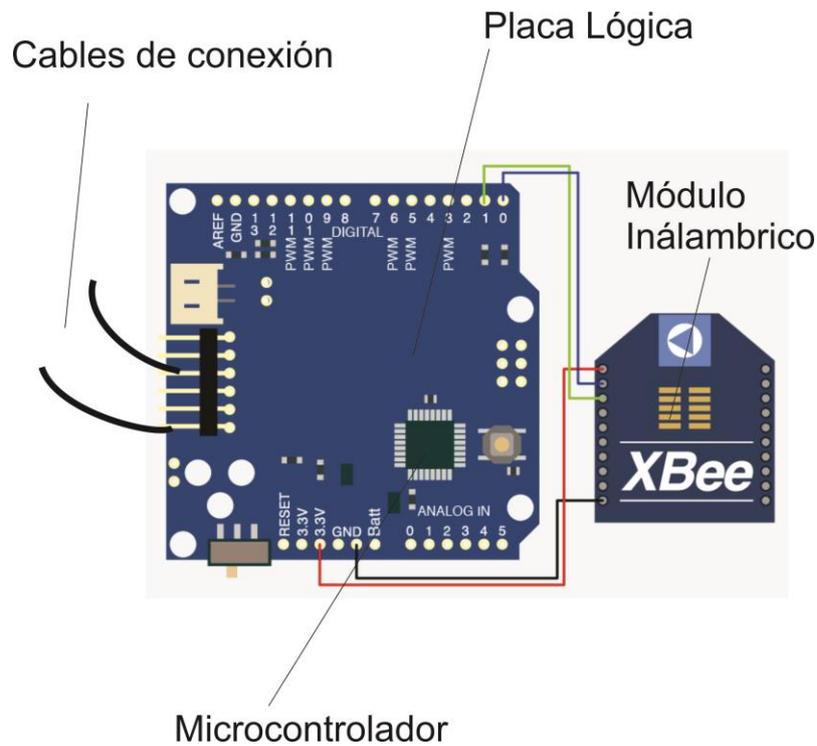


Figura 17: Diagrama de Placa lógica (adquisidora y transmisión)

4.5 Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura que se eligió para este proyecto es un circuito integrado DHT22. Dicho dispositivo es un sensor de precisión con salida digital calibrada. Utiliza una técnica de recolección de señal digital exclusiva y sensado de humedad, asegurando confiabilidad y estabilidad en las mediciones.

Cada sensor de este modelo se encuentra calibrado en una cámara de graduación precisa y dicho coeficiente de calibración se guarda en una pequeña memoria del dispositivo. Cuando el sensor se encuentra detectando datos, se citará dicho coeficiente de calibración para obtener una medida correcta.

El mencionado sensor tiene un rango de medición de temperatura que va desde 40 a 80°C con variaciones de ± 0.5 °C y un rango de humedad relativa que va desde 0 a 100% con variaciones de $\pm 2\%$ HR.

Características como la baja impedancia de salida, salida digital y una calibración interna precisa facilitan la interfaz de lectura y control.

El DHT22 posee un muy bajo consumo, ya que sólo consume 1mA durante el sensado y 40µA en reposo. Este dispositivo puede ser pegado o fijado a una superficie lo cual se adapta a las necesidades del proyecto, ya que como se mencionó en capítulos anteriores (2.3 Técnica de la termometría) , estos sensores se encontrarán emplazados en un cable de acero recubierto por un material plástico para resistir a la abrasión de los granos.

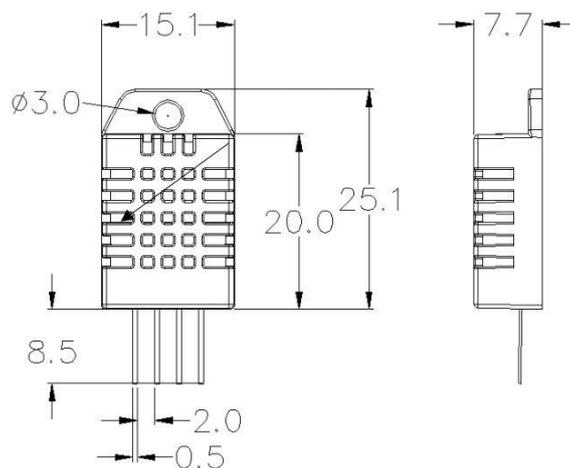


Figura 18: Sensor de temperatura

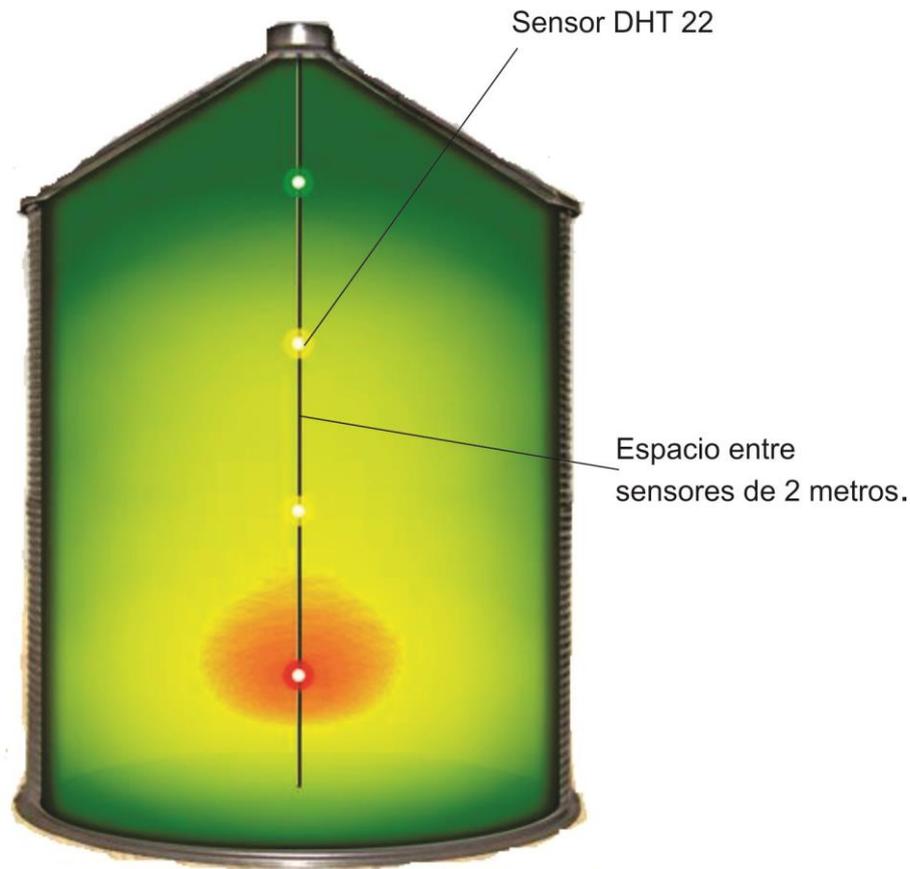


Figura 19: Ubicación de sensores en el interior del silo

En el presente proyecto se utilizará solamente un solo cable de sensado el cual contiene 3 sensores de temperaturas espaciados entre sí 2 metros, ya que este tipo de disposición es suficiente para monitorear la temperatura de un silo estándar de hasta 6 metros de diámetro. La conexión de los sensores y la placa adquisidora será de forma cableada, ya que un par de cables recorre el interior de la cubierta de plástica interconectando los sensores entre sí y la placa adquisidora con los mismos.

4.6 Transporte de datos

El transporte de datos, se diseñó mediante vías normalizadas de transmisión. A continuación se detalla el funcionamiento del programa que contiene el micro controlador que recibe las señales de los sensores, mediante el siguiente diagrama de flujo:

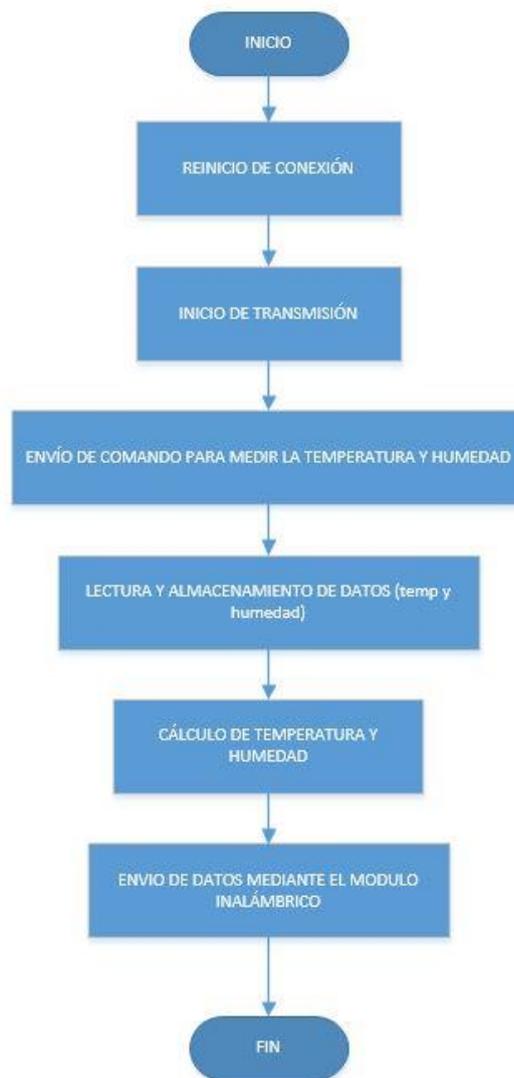


Figura 20: Diagrama de flujo de las secuencias para obtener medidas del sensor.

4.7 Alimentación del sistema

La alimentación del sistema se puede dividir en tres partes:

- **Alimentación del nodo de sensado:** En este caso la alimentación del dispositivo es a través de una batería de iones de litio, la cual tiene una descarga lenta y posee una autonomía de medio año. Es posible que en este nodo se le incorpore un pequeño panel solar sobre la capsula, lo cual permite su recarga durante el día prolongando la autonomía del dispositivo.

- **Alimentación de nodos de ruteo:** En el caso de que el punto de sensado y el punto de monitoreo se encuentren a más de 100 metros (distancia máxima de transmisión de los módulos inalámbricos), es necesaria la incorporación de nodos de ruteo los cuales, al poseer sólo el módulo de transmisión, requieren una batería de iones de litio con autonomía para años de uso sin mantenimiento.

- **Alimentación del punto de monitoreo:** En el nodo de monitoreo, se supone la existencia de infraestructura eléctrica por lo cual no hay necesidad de la utilización de baterías, ya que la red eléctrica será la encargada de suministrar los requerimientos eléctricos de este nodo.

4.8 Interfaz

Una interface Hombre-Máquina (HMI), es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado (prendido / apagado) o magnitud de los dispositivos y/o variables físicas que están presentes en el proceso.

El HMI del Sistema de adquisición y visualización de temperatura mediante el estándar Zigbee, está desarrollado en LabVIEW de *National Instruments* y su entorno gráfico se muestra en la siguiente figura:

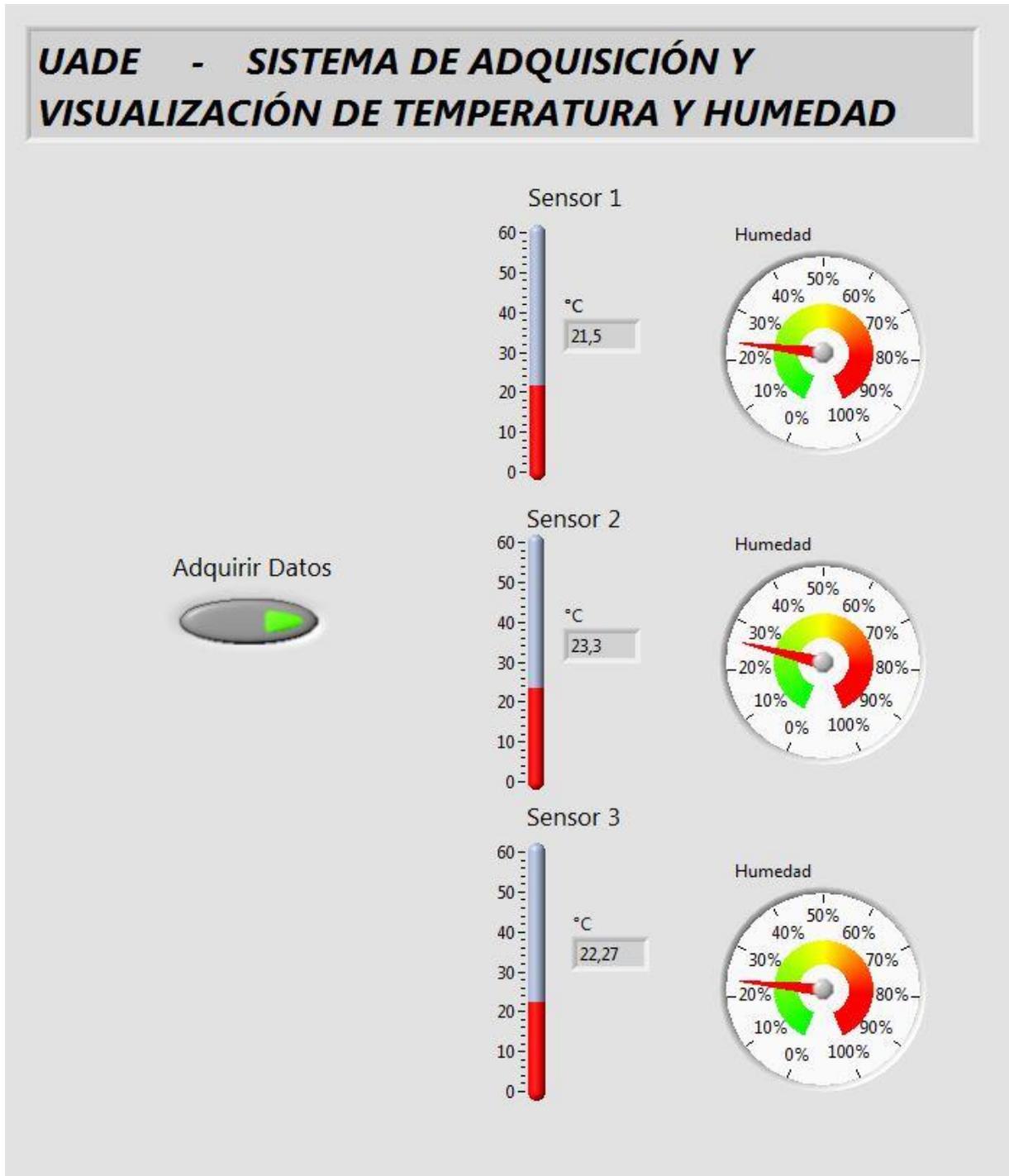


Figura 21: Software de interface de monitoreo

4.9 Esquema de la solución final

En la Figura 20 se muestra la disposición del nodo de sensado y el nodo coordinador en su ubicación final, ambos interconectados por los módulos *Xbee*.

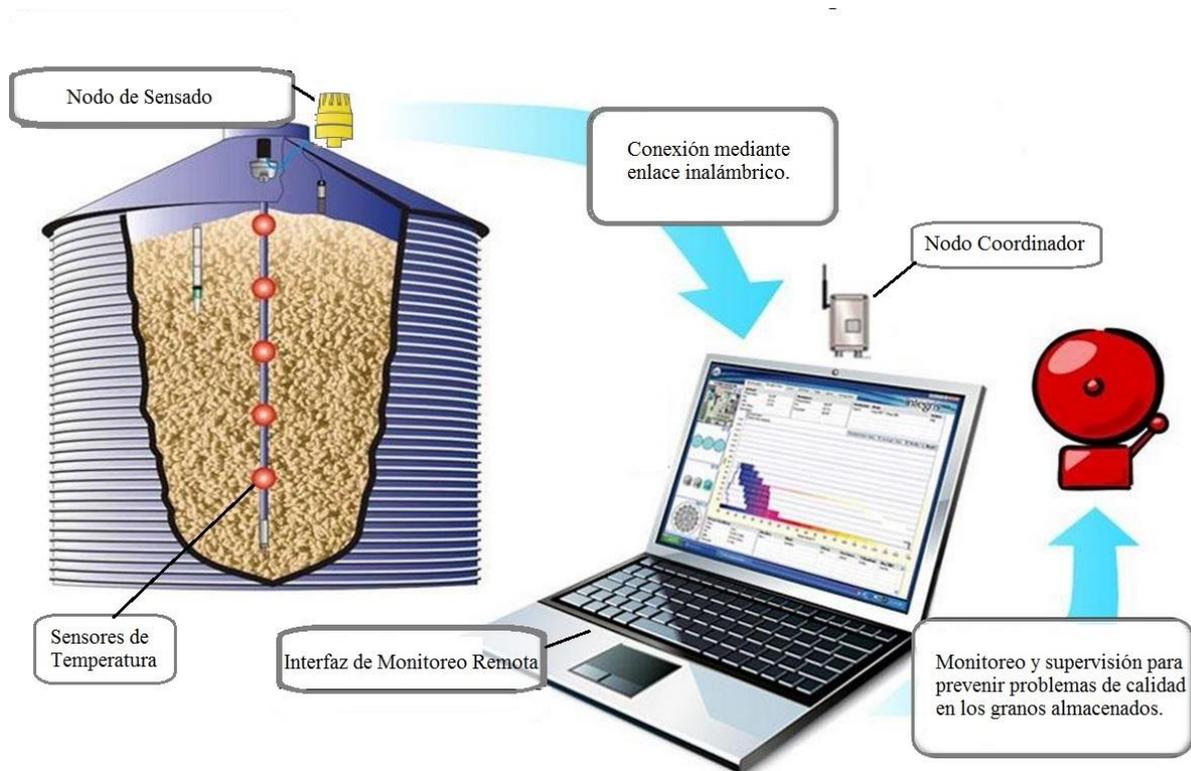


Figura 22: Esquema de la solución final implementada

En el anexo se detalla los planos y dimensiones del nodo sensor (cápsula) que quedará situada en el techo del silo.

4.10 Encuesta sobre el sistema desarrollado

Nombre:

Ocupación:

1) ¿Qué opinión le merece el diseño del sistema de adquisición de temperatura en silos?

Muy Interesante

Interesante

Neutro

Poco interesante

Sin interés

2) ¿Cuál o cuáles de los siguientes aspectos le atraen del sistema propuesto?

Diseño

Innovación

Facilidad de uso

Necesidad en el mercado agropecuario

3) ¿Cree usted que el sistema diseñado es un valor agregado importante en el proceso de la postcosecha?

Sí

No

4) Partiendo de la base que el precio del producto sea aceptable, ¿lo compraría?

Sí, en cuanto estuviese en el mercado

Sí, pero dejaría pasar un tiempo

No, no creo que lo compraría

No, no lo compraría

5) ¿Le gustaría obtener más información del proyecto planteado?

Sí

No

Tal vez

Resultados:

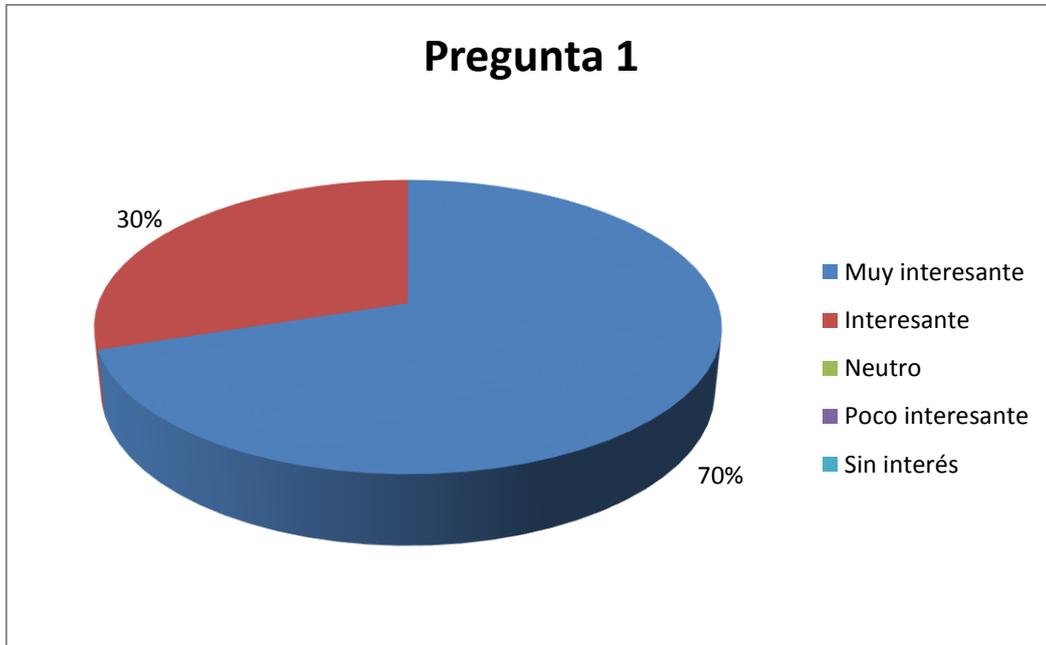


Figura 23: Gráfico de resultados Pregunta 1

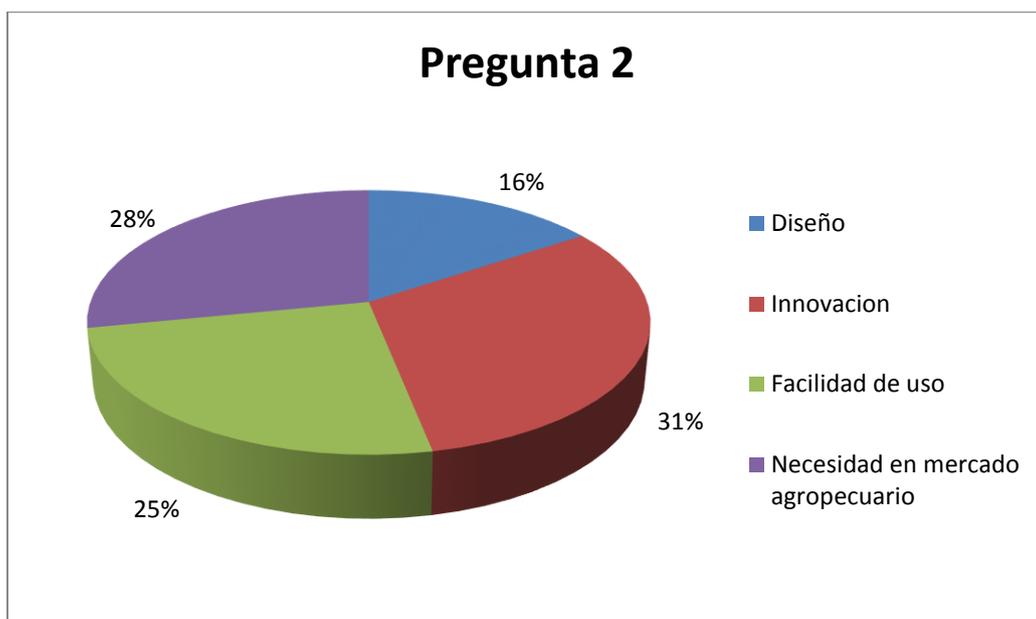


Figura 24: Gráfico de resultados Pregunta 2

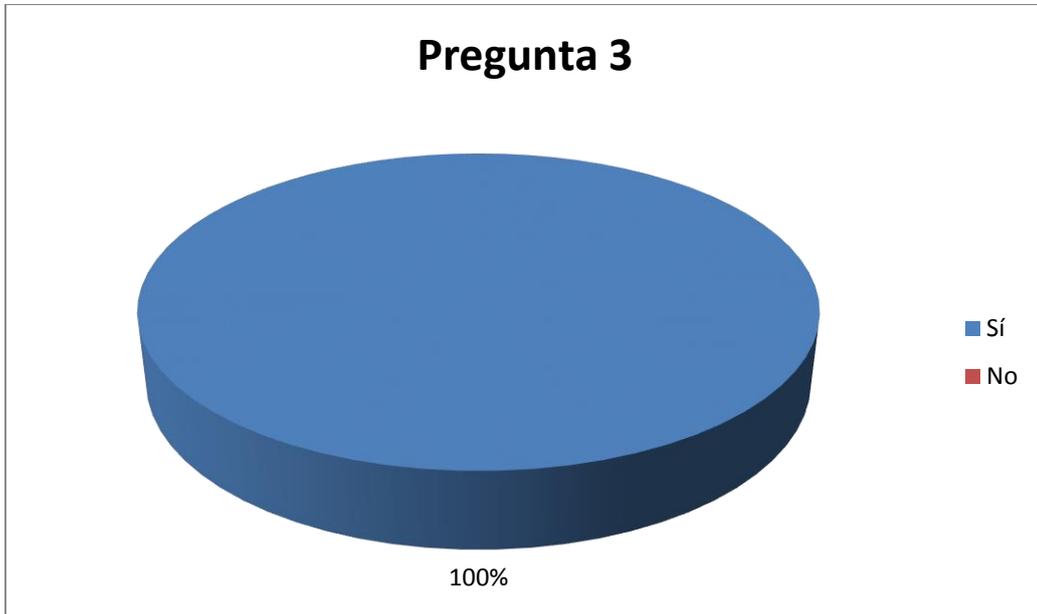


Figura 25: Gráfico de resultados Pregunta 3



Figura 26: Gráfico de resultados Pregunta 4

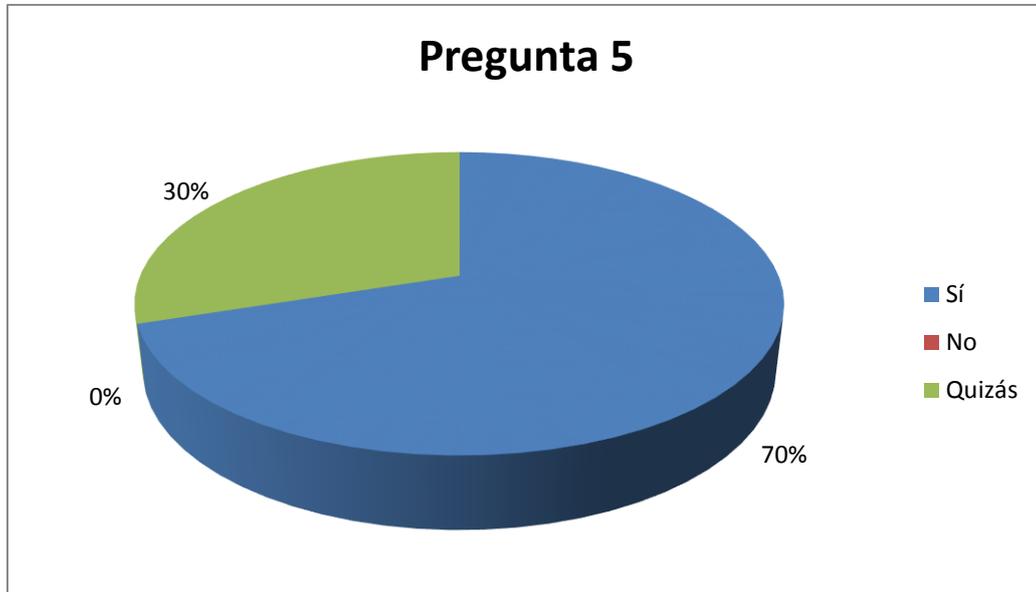


Figura 27: Gráfico de resultados Pregunta 5

El propósito de la encuesta realizada es observar las tendencias que se originan al analizar las respuestas de un público especializado en el tema que el presente proyecto trata. El sondeo se realizó sobre una muestra de diez personas, dentro de las cuales había Ingenieros Agrónomos y Licenciados en Administración Agraria, procedentes de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA) ubicada en la ciudad de Junín, provincia de Buenos Aires. Las preguntas se enviaron a los respectivos encuestados mediante correo electrónico y fueron recibidas de la misma forma, para luego ser procesadas y confeccionar los gráficos.

La naturaleza de las preguntas tiene como fin la determinación de las posibles tendencias y necesidades en el mercado actual agropecuario, ya que apuntan a develar si el proyecto tiene futuro y genera interés sobre los encuestados.

En base a los resultados, observamos claramente que el proyecto posee una valoración muy importante y tiene muchas posibilidades de éxito, a causa de que apunta a resolver una problemática que no es tenida en cuenta en la actualidad. El análisis arrojado indica, claramente, que no existen otras alternativas conocidas, ya que todos los encuestados hicieron especial hincapié en la innovación que la solución propone; además cabe destacar que todas las personas encuestadas prestaron mucho interés sobre el proyecto y nos brindaron su apoyo y conocimientos los cuales nos permitieron completar la parte de investigación sobre el cuidado de los granos almacenados.

En una posterior investigación se propone aumentar el número de participantes, además de incluir no sólo a profesionales del tema, sino a productores agropecuarios independientes.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS FINANCIERO

Capítulo V: Análisis Financiero

5.1 Contexto Económico

En los próximos años, se espera un importante aumento de la demanda de alimentos a nivel mundial, sustentado en dos causas principales. Por un lado, el acelerado crecimiento de la población; en particular, la FAO⁷ “*estima que para 2050 la producción agrícola deberá aumentar un 70% para alimentar a los 2,3 billones de personas que se agregarán a la población mundial*”. Por otro lado, las mejoras en el poder adquisitivo de los países en desarrollo, que demandan progresivamente alimentos más elaborados y de mayor valor agregado.

En este escenario, la Argentina aparece como un jugador estratégico en el contexto internacional como proveedor de granos y subproductos de alto valor agregado. Con una producción de cereales y oleaginosas que ha superado las 100 millones de toneladas en la última campaña. Para el 2015 las metas son aún más ambiciosas: alcanzar los 120 millones de toneladas de granos.

No obstante el potencial productivo de granos de Argentina se ve limitado, entre otros factores, por la situación actual del sistema de poscosecha. En particular, la capacidad de almacenamiento actual de granos en instalaciones fijas se encuentra cerca de los 70 millones de toneladas, muy por debajo del óptimo para un manejo y comercialización adecuados. Este déficit es cubierto con la utilización de silo-bolsas, aproximadamente 45 millones de toneladas fueron almacenadas bajo esta nueva modalidad en la última campaña.

Se estima que en Argentina las pérdidas de poscosecha (como resultado del transporte, limpieza, secado, roedores, insectos, pájaros, hongos y toxinas, entre otros) rondan el 10% promedio anual, representando unos 22.000 millones de dólares que dejan de ingresar en el sistema económico. Esto implica que cada punto porcentual de reducción de esas

⁷ FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

pérdidas arrojaría un beneficio de 22 millones de dólares para el país, excluyendo el beneficio extra que derivaría de la transformación de esos granos en productos elaborados.

Paralelamente, el sector de poscosecha insume una importante cantidad de recursos energéticos, los cuales frecuentemente no se optimizan al máximo. Únicamente para el proceso de secado se emplean combustibles no renovables por un valor que supera los 140 millones de pesos anuales, de modo que la mayor eficiencia en esta etapa redundaría en importantes beneficios económicos y en la conservación del recurso natural.

Finalmente, el sector de poscosecha deberá responder a las exigencias de los consumidores en cuanto a calidad de los granos, incorporando progresivamente las Buenas Prácticas en esta etapa y cuidando los aspectos de inocuidad (incluyendo residuos de plaguicidas y micotoxinas), impacto ambiental del almacenamiento, identidad y bienestar de los trabajadores. En este sentido, se destaca a nivel internacional la iniciativa del gobierno de Brasil de lanzar un Sistema Nacional de Certificación de Unidades de Almacenamiento de Granos, con el propósito de demostrar que los acopios brasileros proceden utilizando Buenas Prácticas, lo cual representará un valor agregado a la producción brasileña. En EEUU, todos los acopios deben contar con personal capacitado y registrado para el uso de agroquímicos, con el objeto de controlar el problema derivado del abuso de insecticidas de granos almacenados. En Argentina, el SENASA impulsa una campaña orientada a evitar la mezcla de granos para consumo con semillas tratadas con productos agroquímicos para la siembra. Adicionalmente, algunas empresas argentinas de acopio de granos ya se encuentran implementando Sistemas de Gestión de la Calidad, avizorando las nuevas tendencias del escenario mundial.

5.1.1 Situación del mercado mundial de granos

Adaptado del informe INTA USDA⁸, del 17 de febrero y 03 de marzo 2014

Estadísticas de producción

		Producción (mill t)			Superficie (mill ha)		
		EE.UU	Mundo	Argentina	EE.UU.	Mundo	Argentina
Trigo	actual	57,9	711,9	10,5			3,0
	año previo	61,7	656,3	9,3			3,5
Maíz	actual	353,7	966,6	24,0			3,3
	año previo	273,8	862,8	26,5			4,0
Soja	actual	89,5	287,7	54,0			20,0
	año previo	82,6	268,3	49,3			19,4
Girasol	actual		43,3	2,3			1,4
	año previo		36,4	3,1			1,6

		Rinde (t/ha)		Stock (mill. T)		Stock/uso (%)	
		EE.UU	Argentina	EE.UU.	Mundo	EE.UU	Mundo
Trigo	actual		3,0	15,2	183,7	22,7	26,1
	año previo		2,6	19,5	175,8	29,7	25,9
Maíz	actual		7,3	37,6	157,3	11,1	16,7
	año previo		6,6	20,9	134,0	7,4	15,6
Soja	actual		2,7	4,1	73	4,5	27,1
	año previo		2,5	3,8	58,7	4,5	22,7
Girasol	actual		1,6	2,9	3,7	20,1	8,9
	año previo		1,9	2,5	2,3	18,4	6,5

Referencias (año actual vs. Año anterior)

Baja

Suba

Sin Cambio

Tabla IV: Situación del mercado mundial de granos

⁸ USDA: United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estado Unidos)

5.1.2 Situación del mercado Nacional de granos

Adaptado del informe de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (según el informe del 13, 20 y 27 de Febrero)

Producción Nacional

Siembra	Sup. Estimada (ha)		Sup. Sembrada	
	2012/13	2013/14	ha	%
Trigo	-	-	-	-
Maíz	3.950.00	3.570.000	3.570.000	100
Cabada	-	-	-	-
Sorgo	1.100.000	1.080.000	1.080.00	100
Soja	19.700.000	20.350.000	20.350.00	100
Girasol	1.800.000	1.480.000	1.480.00	100

Cosecha	Superficie (ha)		Sup. Cosechada		Rinde
	Sembrada	Cosechable	ha	%	qq/ha
Trigo	3.620.000	3.400.000	3.400.000	100,0	29,7
Maíz	3.570.000	3.570.000	70.336	2,0	53,2
Cebada	1.270.000	1.218.500	1.218.500	100,0	39,4
Sorgo	-	-	-	-	-
Soja	-	-	-	-	-
Girasol	1.480.000	1.445.150	577.557	40,7	15,1

Referencias (año actual vs. Año anterior)

Baja
Suba
Sin Cambio

Tabla V: Situación del mercado Nacional de granos

5.2 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta de análisis estratégico, que permite revisar elementos internos o externos de programas y proyectos. El mismo se representa a través de una matriz de doble entrada, llamada matriz FODA, en la que, en el nivel horizontal se analizan los factores positivos y los negativos. En la lectura vertical se analizan los factores internos y por tanto controlables del programa o proyecto y los factores externos, considerados no controlables.

Las Fortalezas son todos aquellos elementos internos y positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

Las Oportunidades son aquellas situaciones externas, positivas, que se generan en el entorno y que una vez identificadas pueden ser aprovechadas.

Las Debilidades son problemas internos, que una vez identificados y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse.

Las Amenazas son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atentar contra éste, por lo que llegado al caso, puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearla.

A continuación, se muestra en análisis realizado para el presente proyecto:

Fortalezas	Debilidades
F1 - Utilización de nuevas tecnologías. F2 - Dispositivo novedoso. F3 - Supervisión en tiempo real. F4 - Monitoreo remoto. F5 - Ensamblado Nacional. F6 - Incremento del rendimiento F7 - Control y seguimiento de calidad de granos.	D1 - El producto no se encuentra en producción. D2 - Falta de financiación. D3 - Dificultades con la importación de componentes. D4 - Equipo de trabajo reducido.
Oportunidades	Amenazas
O1 - Contexto económico mundial. O2 - Aumento de la demanda alimenticia. O3 - Diferencia cambiaria. O4 - Contexto del sector agropecuario en Argentina O5 - Ampliación de nuevos mercados	A1 - Que la competencia desarrolle una nueva tecnología a partir de este proyecto. A2 - Políticas nacionales que regulen el almacenamiento de granos. A3 - Retenciones

Tabla VI: FODA

Fortalezas:

- F1 - Utilización de nuevas tecnologías: La utilización de *Zigbee* permite tener un medio inalámbrico de gran escalabilidad y muy bajos requerimientos energéticos, lo cual resulta fundamental en los emplazamientos rurales donde las tareas de mantenimiento son poco frecuentes.
- F2 F3 F4 - Dispositivo novedoso: la posibilidad de tener estos sensores de temperatura con enlaces inalámbricos los cuales permiten supervisar la temperatura de la masa de granos es una novedad en el país. En el mercado no existen dispositivos con estas prestaciones.

- F5 - Este dispositivo puede ser ensamblado en el país, no necesita ser importado; ya que para dicho proyecto se utilizan componentes electrónicos fáciles de conseguir en el mercado actual.
- F6 F7 - Con la supervisión y seguimiento de los granos se propone lograr un salto en los estándares de calidad de los sistemas de acopio en nuestro país, esto es realmente beneficioso ya que no sólo mejora la eficiencia desde un punto de vista económico, sino también desde un punto de vista cualitativo.

Oportunidades:

- O1 O2 - El aumento de la demanda alimenticia tanto a nivel nacional como internacional, sumada a la diferencia cambiaria que hoy tiene nuestro país, forma un escenario muy favorable en la producción de granos.
- O3 - Las proyecciones crecientes de los precios de los granos para los próximos años, son un gran atractivo para los inversores de este proyecto, ya que al aumentar el rendimiento de poscosecha mayor será la ganancia de los productores.
- O5 - Este sistema permitirá la ampliación de nuevos mercados, ya que al ofrecer en el mercado un grano de mejor calidad, se logrará competir con la oferta de otros países más industrializados y con normativas de calidad más elevadas.
- O4 - Según informes, el 2014 será record de cosecha de soja lo cual hará más importante la idea de acopiar los granos en forma segura por mayor tiempo y ofrecer los granos en el mercado cuando el productor lo crea más conveniente.

Debilidades:

- D1 - El producto que desarrolla este proyecto no se encuentra en producción, por lo que no se podría ofrecer inmediatamente en el mercado.
- D2 D4 - Se trata de un micro emprendimiento, por lo cual para poder producir el diseño que se desarrolla sería necesario conseguir el financiamiento requerido y contar con un equipo de trabajo más grande.
- D3 - Es posible que a pesar de que los componentes son de uso masivo en Argentina, las políticas de importación impidan en un futuro la llegada de los micro-controladores y módulos inalámbricos.

Amenazas:

- A1 - Como se destaca en los primeros capítulos, en el mercado actual existe un competidor el cual, ante nuestra idea innovadora, puede reaccionar y mejorar su solución compitiendo directamente con esta propuesta.
- A2 - Las políticas nacionales podrían regular un periodo de tiempo determinado para el acopio de granos, para garantizar de esta manera la entrada de divisas al país de una forma más rápida, generando la idea de que la solución propuesta no sea rentable o necesaria.
- A3 – Si se produjera un aumento de las retenciones al campo, esto dejaría a los productores con menos margen de ganancia y por ende afectaría a la inversión en nuevas maquinarias o sistemas como el propuesto.

Acciones Estratégicas:

- E1 – (para D1 Y D2) conseguir rápidamente un capital financiero para poder realizar un prototipo, mejorarlo y lanzarlo al mercado.
- E2 – (para D3) comprar varios de los componentes que poseen riesgo en cuanto a temas relacionados con la importación para lograr un stock de seguridad.
- E3 – (para D4) preparar una lista de candidatos idóneos para las diferentes áreas del proyecto, para que en caso de conseguir la financiación, la incorporación de personal sea lo más rápida posible.
- E4 – (para A1) Mantener la innovación en el diseño, investigar y desarrollar nuevas aplicaciones en nuestro sistema, y así poder diferenciarnos de la competencia.
- E5 – (A2 y A3) Informar a los productores y empresas de acopio las importantes ventajas, tanto a nivel económico como a nivel cualitativo, que les brindaría el producto ofrecido; ya que para acceder o comercializar en muchos mercados es necesario productos que cumplan con ciertos estándares de calidad.

Basándonos en el anterior análisis es posible observar que al lograr ofrecer al mercado un producto innovador de fácil implementación que permita supervisar en tiempo real los granos almacenados dentro de los silos, manteniendo de esta manera la calidad y resguardando el valor de la cosecha por un tiempo prolongado, será posible conseguir el capital financiero necesario para lograr desarrollar un prototipo, mejorarlo y lanzarlo al mercado.

Con respecto a las dificultades que puedan aparecer al momento de importar componentes es importante destacar que el dispositivo será ensamblado y desarrollado en nuestro país, con posibilidad de ser importado a países limítrofes. Esto es una gran ventaja a la hora de obtener los permisos necesarios para la importación de los componentes. De todas

maneras es conveniente contar con un stock de seguridad para satisfacer los pedidos y no generar demoras en las entregas.

Aprovechando el contexto económico en el cual los precios de los alimentos continúa en alza debido al aumento de la demanda alimentaria, sumado a las oportunidades que brinda la diferencia cambiaria que tiene nuestro país con respecto al dólar será posible reducir el impacto de la posibles amenazas.

Se considera que es muy importante mantenerse a la vanguardia en el diseño e innovación del producto, investigando y desarrollando nuevas aplicaciones en este sistema para poder lograr aportar al mercado un producto innovador que se diferencie de la competencia.

5.3 Costos del Dispositivo

Presentamos los costos de los materiales en base a precios del mercado nacional:

Costos de materiales / componentes			
Descripción	Precio	Cantidad	Total
Microprocesador	USD 60	1	USD 60
Módulo Xbee Pro	USD 40	2	USD 80
Sensor de Húmeda y Temperatura DHT - 22	USD 7	3	USD 21
Componentes electrónicos varios	USD 30	1	USD 30
Carcasa	USD 10	1	USD 10
TOTAL			USD 201

Tabla VII: Costos de materiales / componentes

5.4 Costos Generales y Márgenes

A continuación se brindan las estimaciones de Márgenes Brutos de los cultivos de maíz y soja, cuyo período de siembra arranca a partir del mes de Septiembre, prologándose en algunos casos hasta Enero para cultivos de segunda.

5.4.1 - Maíz

Durante 2011/12 se sembraron en nuestro país un total de 5 millones de hectáreas con maíz, llegando la producción a los 21 millones de toneladas. En la provincia de Córdoba la superficie cultivada alcanzó el millón de hectáreas con una participación en la producción nacional del 23%.

En la Tabla IV se observa el margen bruto para el cultivo de maíz. Primero se calcula el Margen Bruto en Chacra, que surge de restar a los Ingresos Brutos los costos de implantación, costos de insumos, de cosecha y de comercialización.

Dado que la presente es una estimación a futuro, se debe incluir el costo de oportunidad, es por ello que en una segunda etapa se le deduce al margen anteriormente mencionado, el interés al capital invertido por lo que se obtiene el Margen Bruto en Chacra con imputación de interés.

El precio del maíz se estima en base a las cotizaciones de los futuros de la Bolsa de Comercio de Rosario, el promedio de julio (Rofex, 2013).

El promedio de rendimiento del maíz para la provincia de Córdoba se estima en 66 quintales y para el Departamento Río Segundo en 53 quintales, es por ello que se toma un rango de rendimientos que va de los 50 a los 120 quintales.

En la Tabla VIII se muestran dos márgenes, uno para el caso del productor que trabaja su propio campo y otro en el caso de que deba alquilar. El arrendamiento se paga en quintales de soja por hectárea, usualmente se pacta un precio al inicio de la campaña y se abona el 50% en este momento y lo restante al momento de la cosecha; aunque pueden variar los porcentajes de acuerdo al arreglo particular entre las partes.

Margen Bruto de maíz a 158 USD/t						
Rendimiento (q/ha)	50	60	70	80	100	120
Ingreso Bruto	793	951	1110	1268	1585	1902
Implantación	-434	-434	-434	-434	-434	-434
Cosecha	-74	-74	-74	-92	-92	-92
Transporte	-224	-269	-314	-356	-449	-539
Acopio	-24	-29	-33	-38	-48	-57
Costos Directos	-756	-806	-856	-924	-1023	-1122
Margen Bruto en Chacra	36	145	254	345	562	780
Margen Bruto en Chacra c/imp de Intereses	2	11	219	310	528	745
Arrendamiento (*)	-275	-275	-275	-275	-275	-275
Margen Bruto en chacra campo alquilado	-238	-129	-20	70	288	506
Margen bruto en chacra campo alquilado c/imp de intereses	-227	-118	-9	81	299	517

Todos los valores están expresados en USD/ha
 * Arrendamiento: 9,5 q/ha de soja a 289 USD/t

Tabla VIII: Margen Bruto de Maíz

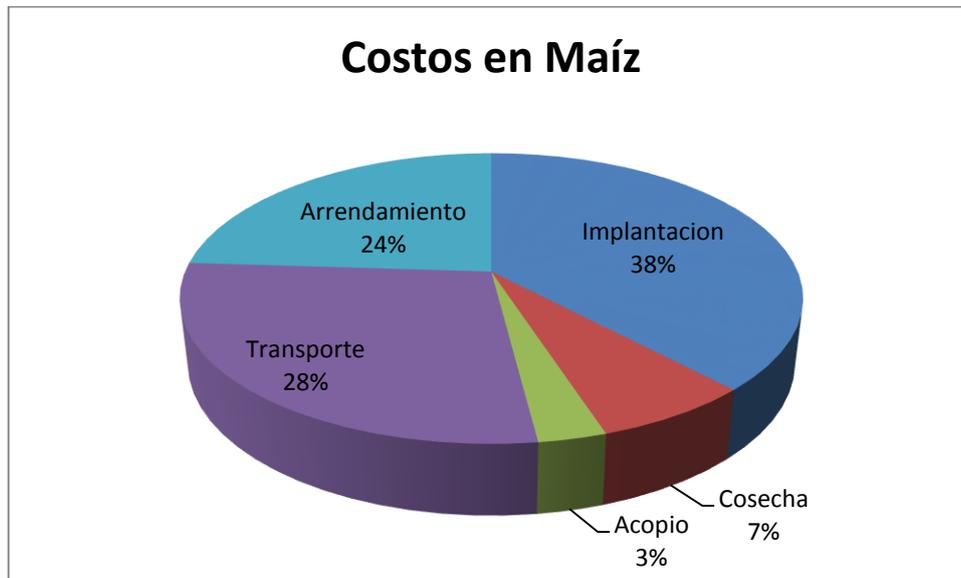


Figura 28: Participación de costos en el margen de Maíz.

En la Figura 28 se observa la participación de cada uno de los ítems en el costo total, se advierte claramente la importancia del arrendamiento y el transporte que se llevan cada un 24 y un 28%, respectivamente, de los costos totales. Para nuestro proyecto es interesante destacar que el acopio solo representa el 3% de los costos.

El Rendimiento de Indiferencia (RI) indica la producción por hectárea (q/ha) que cubre los costos directos, se calcula como el cociente entre éstos y el precio en chacra (precio pizarra menos gastos de comercialización). En el caso del maíz, para la campaña 2013/14 los rendimientos se estiman en 45q/ha en el caso del campo propio, y en 74 q/ha para campo alquilado.

5.4.2 Soja

Durante el 2011/12 la superficie plantada de soja ascendió a 18,6 millones de hectáreas con una producción total de 40 millones de toneladas. Córdoba se constituye en la segunda provincia en cuanto a niveles de producción detrás de Buenos Aires, con 5 millones de hectáreas y 11,7 millones de toneladas producidas.

En la Tabla IX se detallan los márgenes para la soja, considerando el caso de campo propio y campo alquilado; al igual que en el maíz, en este caso el planteo técnico también incluye el manejo de malezas previo a la implantación del cultivo.

Margen Bruto de Soja a 289 USD/t						
Rendimiento (q/ha)	20	25	30	35	40	45
Ingreso Bruto	578	722	867	1011	1156	1300
Implantación	-241	-241	-241	-241	-241	-241
Cosecha	-52	-52	-52	-70	-70	-70
Transporte	-90	-112	-135	-157	-180	-202
Acopio	-12	-14	-17	-20	-23	-26
Costos Directos	-394	-419	-444	-488	-513	-539
Margen Bruto en Chacra	184	303	423	523	642	761
Margen Bruto en Chacra c/imp de Intereses	165	284	403	504	623	742
Arrendamiento (**)	-275	-275	-275	-275	-275	-275
Margen Bruto en chacra campo alquilado	-110	10	129	229	349	468
Margen bruto en chacra campo alquilado c/imp de intereses	-99	21	140	240	360	479

Todos los valores están expresados en USD/ha

* Arrendamiento: 9,5 q/ha de soja a 289 USD/t

Tabla IX: Margen Bruto de Soja

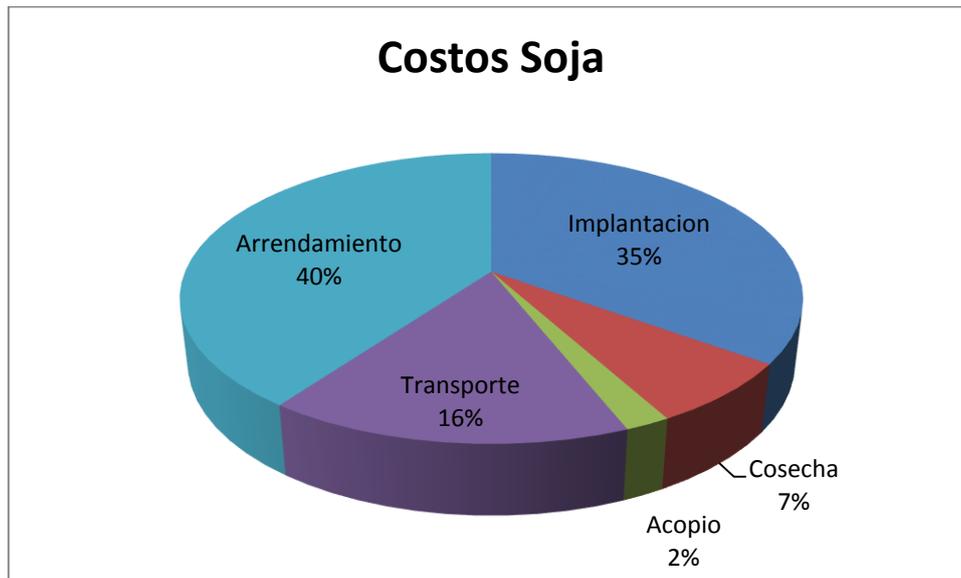


Figura 29: Participación de costos en el margen de Soja.

El Rendimiento de la soja se ubica en 11 q/ha para un campo propio y 23 q/ha para un campo alquilado. Para nuestro proyecto es interesante destacar que, para el caso de la soja, el acopio sólo representa el 2% de los costos.

Comparando los márgenes actuales, con los de Mayo de 2012, los datos muestran que todos los cultivos han tenido bajas en sus márgenes. Es importante destacar que el principal factor de esta baja es la caída de los precios de los cultivos, no obstante, también influyen los cambios en el manejo técnico, ya que en la actualidad se requieren mayor cantidad de agroquímicos para tratar los problemas de malezas.

Maíz			
	2012/13	2013/14	Variación
C. Implantación (USD/ha)	398	434	9%
C. Cosecha (USD/ha)	79	74	-6%
C. Comercialización (USD/ha)	314	347	11%
Precio (USD/t)	153	159	4%
Margen (USD/ha)	220	219	0%
Rendimiento de Indiferencia (q/ha)	43	45	6%
Soja			
C. Implantación (USD/ha)	196	241	23%
C. Cosecha (USD/ha)	63	52	-18%
C. Comercialización (USD/ha)	135	127	-6%
Precio (USD/t)	305	289	-5%
Margen (USD/ha)	353	284	-20%
Rendimiento de Indiferencia (q/ha)	9	11	23%

Tabla X: Comparación de resultados de cultivos 2012/13 versus 2013/14

Comparando los márgenes actuales, con los de mayo de 2011, los datos muestran que todos los cultivos han experimentado bajas; en el caso del maíz (70 q/ha) la reducción fue del 57, 19% en la soja de 1ra (25 q/ha); 12%.

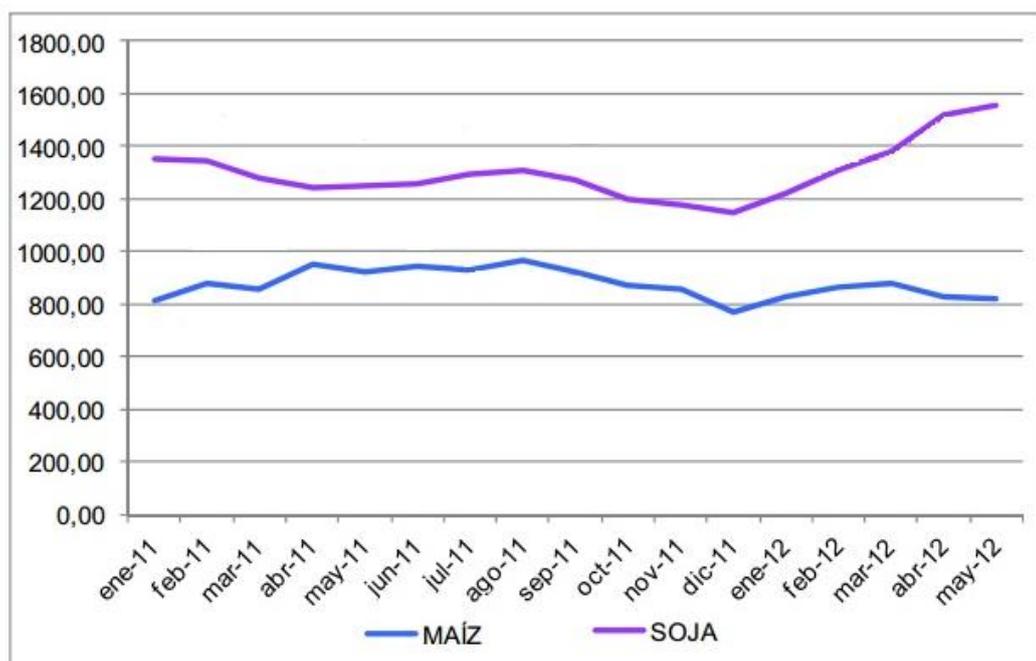


Figura 30: Evolución de los valores de mercado de Maíz y Soja, ene-2011 / may-2012 (peses/t).

Fuente: Dirección de Mercado Agroalimentarios (2012)

5.5 Análisis de riesgo

En la producción agrícola es importante el análisis de riesgo debido al período de tiempo que existe entre el momento en que el productor efectúa la siembra y el momento en que obtiene los ingresos (venta). En el momento en que se invierte el dinero no se conoce exactamente qué resultados se obtendrán de la actividad. Existen una serie de factores que no pueden ser controlados y son variables; como por ejemplo, el precio del

mercado, el rendimiento del cultivo, el costo del arrendamiento, entre otros, estos tienen un fuerte impacto en el resultado a obtener.

Si bien es muy difícil conocer cuál va a ser el resultado futuro, es importante tener una aproximación lo más real posible de lo que sucederá. Para efectuar una estimación de los resultados se utilizan las probabilidades de ocurrencia que se pueden deducir de lo que sucedió en el pasado, como ser la serie de precios, el rendimientos promedio, contratos de arrendamiento, etc.

Una aclaración importante es la diferencia que existe entre el riesgo y la incertidumbre, el riesgo se puede estimar a través de diversas herramientas porque se conoce su probabilidad de ocurrencia, mientras que de la incertidumbre no se tiene información para su medición.

Para la estimación del riesgo en actividades económicas, existen herramientas que permiten la creación de distintos escenarios para la predicción de riesgo agilizando la toma de decisiones a partir del resultado de un análisis previo.

Se estima que el precio probable es la cotización a futuro y se definen el máximo y el mínimo en función de un porcentaje estimado en base a la dispersión de los precios en cada campaña. Los precios futuros utilizados son los publicados por el Rofex (2013).

Para el caso del maíz se puede observar, en la Figura 31, la probabilidad de que el margen bruto del maíz en chacra con imputación de intereses sea positivo, es de 53%; y en el caso de que el campo sea alquilado, Figura 32, la probabilidad desciende a 7,6%.

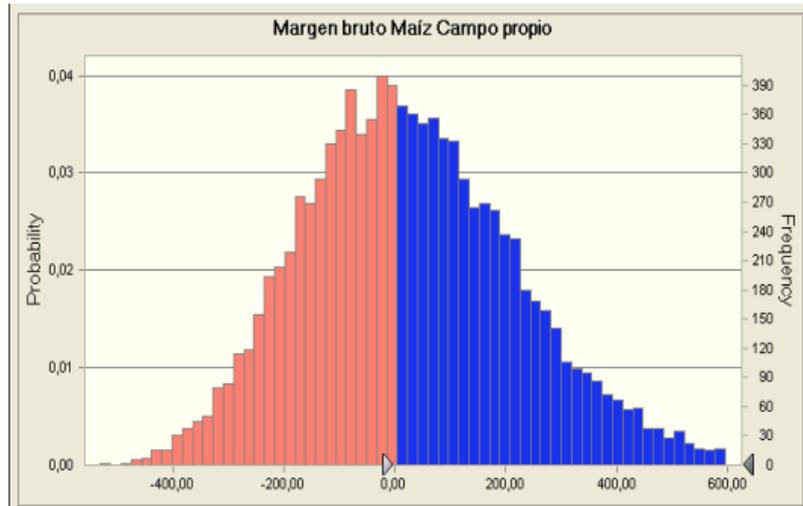


Figura 31: Margen bruto Maíz Campo propio

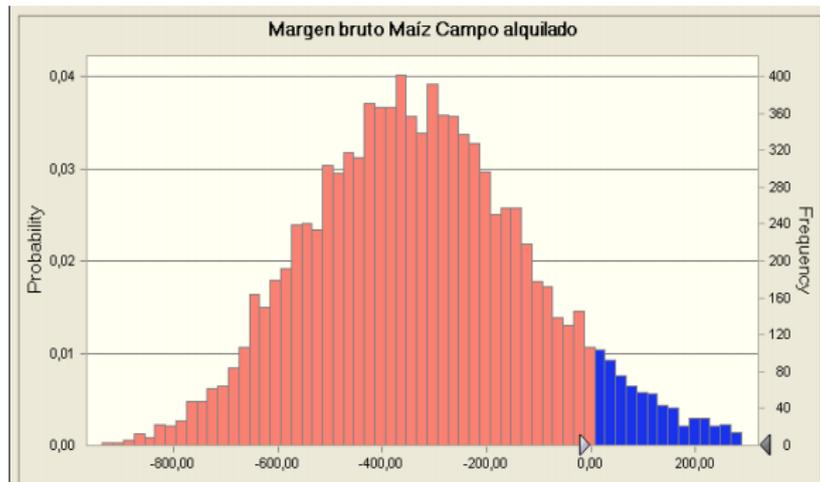


Figura 32: Margen bruto Maíz Campo alquilado

En soja las probabilidades de márgenes son mejores en comparación con el maíz, si el campo es propio hay un 93% de posibilidades de alcanzar un margen positivo, por el contrario si el campo se alquila la probabilidad es del 19%.

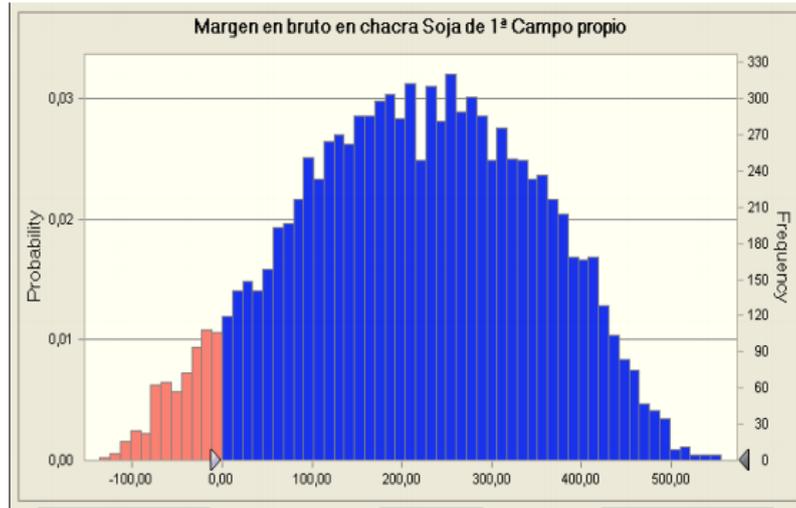


Figura 33: Margen bruto Soja Campo propio

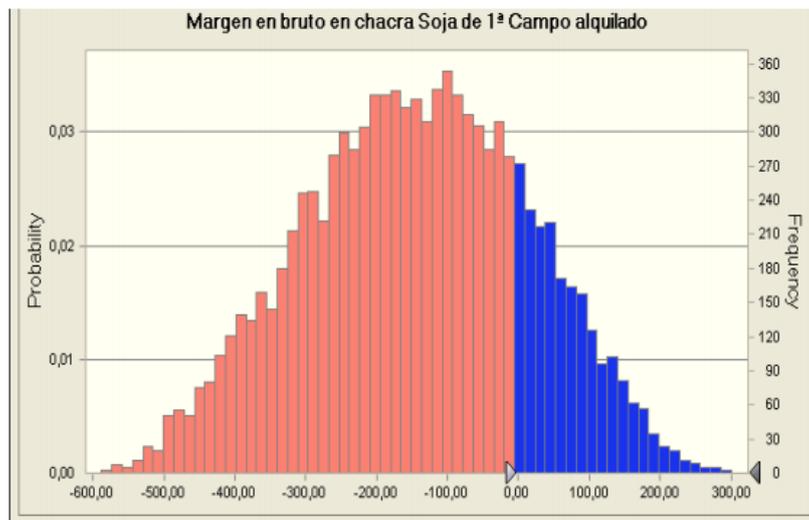


Figura 34: Margen bruto Soja Campo alquilado

5.6 Conclusión del análisis económico

En base a todo el análisis planteado en este capítulo, cabe destacar que el almacenamiento de granos representa entre un 2% y un 3% de los costos totales de este proceso.

El objetivo del almacenamiento de granos es guardar la totalidad de la cosecha o parte de ésta, a espera de mejores condiciones de mercado. Disponer de la mercadería en buenas condiciones para venderla en el mejor momento y no cuando se produce una avalancha en la oferta producida por la gran cantidad de cosechas simultáneas, es una ventaja fundamental a favor del productor y de los inversores. Vender en el momento exacto puede marcar la diferencia entre tener pérdidas o lograr un margen bruto de ganancia, tanto para los productores con campos propios como para los que deben arrendar.

Por dicho motivo, en éste proyecto se plantea una solución a los inconvenientes y las pérdidas que pueden producirse durante el periodo de almacenamiento. Con una pequeña inversión en el monitoreo de los granos almacenados, se puede asegurar la calidad de los mismos hasta el momento más favorable para su venta.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Capítulo VI: Conclusiones

6.1 Conclusiones

En el presente proyecto se diseñó un sistema inalámbrico de adquisición y visualización que permite la obtención y envío de datos con el fin de resolver una situación problemática detallada en la parte introductoria, cuya puesta en marcha lleva a mejorar la forma en la que se controla la temperatura de los silos de acopio en la actualidad, con el fin de mejorar el tiempo de almacenaje y calidad de los granos.

El desarrollo propuesto representa un cambio innovador en las técnicas de control de calidad en el mercado agropecuario actual, ya que los métodos actuales se basan en conocimientos convencionales que no siempre arrojan resultados positivos y no son eficientes, económicamente hablando.

Se propone un sistema fácil de implementar y con muchas posibilidades de escalabilidad, ya que gracias a la innovadora tecnología inalámbrica propuesta, esto es posible.

ZigBee ofrece una baja complejidad y una baja exigencia de recursos, permite operar en frecuencias libres, lo cual reduce los costos de operación e instalación con diversas topologías de red. Dicha tecnología es una nueva generación de estándar de bajo consumo energético y de baja transferencia de datos para redes de control y monitoreo. Se caracteriza por requerimientos de programación mínimos, lo cual aumenta su fácil implementación en caso que se desee ampliar los puntos de control.

En consecuencia, resultan significativas las mejoras propuestas en el mercado agropecuario a la hora de implementar un proyecto de señaladas características; ya que, si se analizan todos los beneficios que se ofrecen, se podrá observar que representará un cambio en el nivel de la calidad de almacenamiento, lo cual trae aparejado mayor eficiencia económica y productiva, a saber:

- **Detección a distancia de aumentos perjudiciales de temperatura:** dado que hasta el momento el proceso de supervisión de granos se realiza de manera muy convencional, la información proporcionada por nuestro sistema aparecerá en el software de monitoreo propuesto, logrando así un monitoreo adecuado y eficiente.
- **Sistema de gran escalabilidad:** El sistema de control se basa en el estándar ZigBee y permite una instalación casi ilimitada de transmisores, lo que aumenta la robustez de la red y el alcance de la misma.
- **Sustitución de cables:** El único sistemas que se ofrecen en el mercado actual requiere, para la medición de los parámetros de interés, el tendido de cable entre la locación del silo y el puesto de monitoreo. Es aquí donde la propuesta planteada se diferencia, ya que nuestro desarrollo no requiere cables aumentando de ésta manera la facilidad y reducción de los costos en su instalación y mantenimiento.
- **Aumento de la poscosecha:** La puesta en marcha de la solución desarrollada incrementara la eficiencia de poscosecha, ya que apunta a mejorar los tiempos de almacenamiento seguro de granos, dando la oportunidad a los productores de vender su producto cuando las condiciones de oferta y demanda sean las más adecuadas en el mercado.
- **Facilidad de implementación:** El dispositivo desarrollado no requiere de grandes gastos ni cambios en la infraestructura de los silos, debido a que es de tamaño muy pequeño y de muy fácil instalación.
- **Seguridad y ahorro energético:** La supervisión de la temperatura propone aumentar la seguridad en el almacenamiento de los granos y promueve el ahorro energético, pues la ventilación de los silos se efectuaría solamente cuando las condiciones del grano lo necesiten.
- **Sistema de bajo consumo:** El dispositivo de medición ubicado en el silo puede funcionar con baterías, debido al bajo consumo de la tecnología utilizada o

también mediante la incorporación de una pequeña pantalla solar. Además, si se instalasen sólo nodos de ruteo para ampliar el alcance de la red, éstos sólo necesitarían de baterías con duración muy prolongada; reduciendo así el mantenimiento de los mismos.

- **Software:** El software que se propone, se encuentra orientado a ser muy claro y entendible para que cualquier operador pueda monitorear los parámetros en forma rápida, sencilla y sin la necesidad de contar con un equipo potente para su uso.

Finalmente, se concluye que el desarrollo del proyecto innovador permitirá mejorar los procedimientos de acopio de granos en el sector agropecuario, a través de la mejora tecnológica planteada desde el punto de vista de la Ingeniería de Telecomunicaciones y de la Ingeniería de Control y Automatizaciones.

6.2 Trabajo a Futuro

El presente proyecto realiza un estudio del diseño de un sistema de adquisición y visualización de temperatura a través de dos dispositivos de red ZigBee (coordinador y dispositivo de sensado), además de realizar un estudio del estándar ZigBee implementado en la solución. Se aconseja continuar con la expansión de la red, agregándole más dispositivos (ruteadores y dispositivos finales) para observar las bondades de la tecnología empleada.

Conjuntamente durante todo el trabajo se destacó la importancia de la ventilación de los silos, con lo cual se recomienda que el sistema propuesto incorpore además un sistema de control para que se logre accionar los ventiladores en caso de ser necesario obteniendo así un sistema en el cual el almacenaje de granos sea aún más eficiente y más práctico.

Bibliografía

MALONEY, Timothy. *Electrónica industrial moderna*. 5ª. Ed. México: Pearson Educación, 2006. 1000 p. ISBN 970-26-0669-1.

GUZMÁN SÁNCHEZ, José Luis, COSTA CASTELLÓ, Ramón y BERENGUEL SORIA, Manuel. *Control automático con herramientas interactivas*. 1ra ed. Madrid: Pearson Educación, 2012. 280p. ISBN: 978-84-8322-750-3.

CAPRILES, Sergio R. *Equisbi: desarrollo de aplicaciones con comunicación remota basadas en módulos ZigBee y 802.15.4*. 1ª ed. Buenos Aires: Gran Aldea Editores. 2009 362 p. ISBN: 978-987-1301-17-1

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA [en línea]. [consulta 20 agosto 2013]. <<http://www.inta.gob.ar>>

PRECOP - INTA [en línea]. [consulta 5 sep. 2013]

<<http://cosechaypostcosecha.org>>

MICROCHIP TECHNOLOGY INCORPORATED [en línea] [consulta 10 sep 2013]

<<http://microchip.com>>

DIGI XBEE [en línea] [consulta 7 agosto 2013]

<<http://www.digi.com/xbee>>

INFO CAMPO [en línea] [consulta 30 enero 2014] <<http://www.infocampo.com.ar>>

FEDERACIÓN DE CENTRO Y ENTIDADES GRAMIALES DE ACOPIADORES DE CEREALES [en línea] [consulta 10 feb 2014] <<http://acopiadores.com>>

ZIGBEE ALLIANCE [en línea] [consulta 1 feb 2014] <<http://www.zigbee.org>>

DIARIO CLARÍN [en línea] [Consulta 14 de Mayo 2014] <<http://www.clarin.com>>

IEEE XPLORE [en línea] [Consulta 9 de Mayo 2014] <<http://ieeexplore.ieee.org>>

ANEXO

Artículo del Diario Clarín:

Del control de granos a malezas, todo en el celular

Expoagro 2014



En Expoagro presentaron una app para controlar los cultivos desde el celular



TAGS **Expoagro 2014**


3 opiná


597 shares







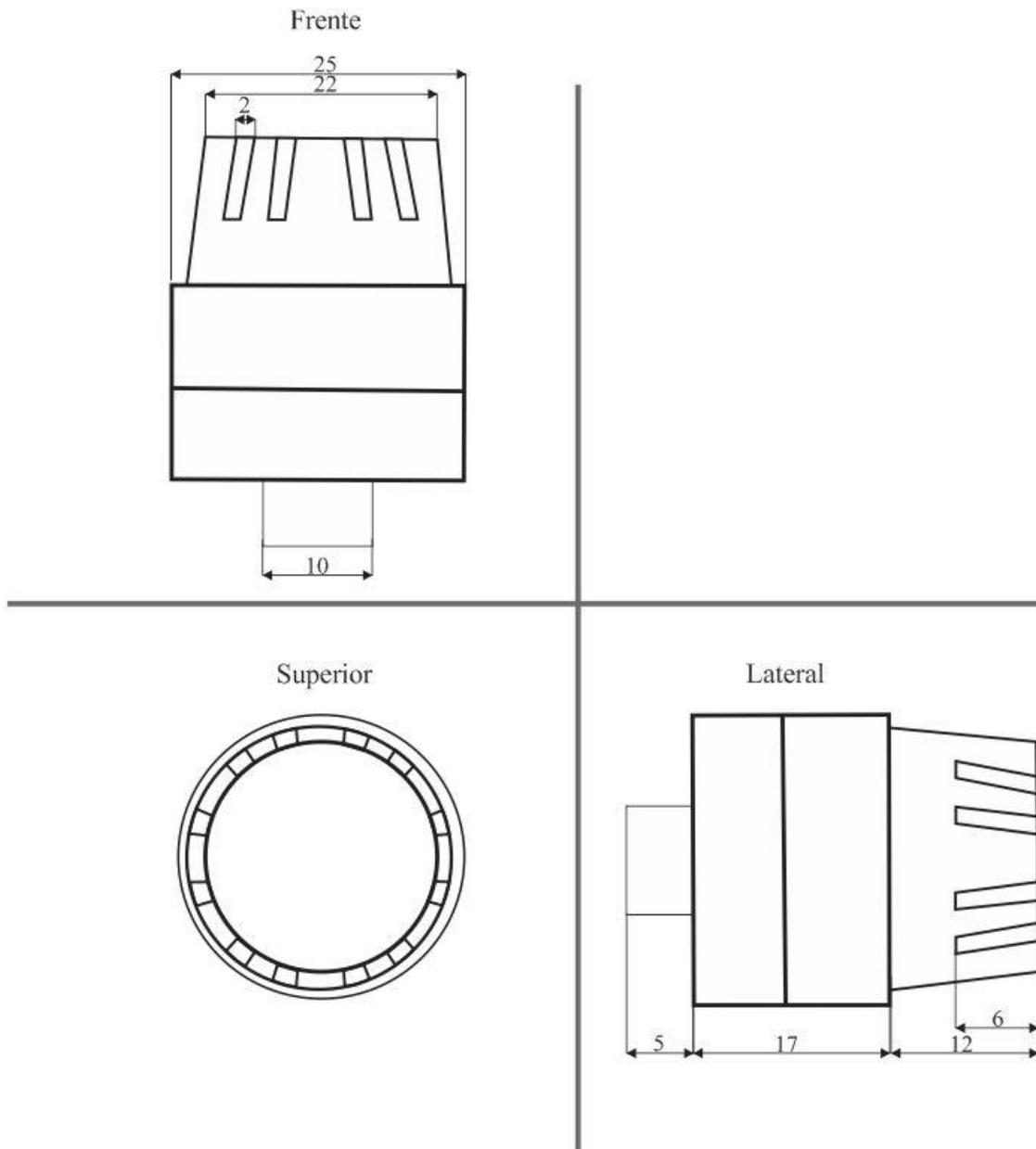
Dos informáticos y cuatro agrónomos. Es el equipo de jóvenes ingenieros detrás de SIMA, una aplicación para celulares pensada para facilitar el control de malezas, insectos y enfermedades de los cultivos. “Antes se hacía con lápiz y papel. Con nuestra aplicación registrás los datos en el celular, que además sabe en qué lugar del campo estás, y todo se sincroniza en la Web. La información queda almacenada y ordenada desde que la recopilás”, explicó Agustín Rocha en Expoagro, durante la presentación de SIMA en sociedad.

Otra yunta de informáticos con agrónomos que dio frutos innovadores fue la de los tres ingenieros que armaron el sitio Agroconsultas.com. Federico Bert (34), uno de los socios, quiso llevar hasta los productores el conocimiento de los expertos a los que él y sus colegas habían accedido mientras estudiaban en la UBA: “El usuario consulta gratis y el experto cobra un honorario por cada consulta. Los ingresos los generamos con publicidad y también con la venta de los contenidos que generamos. Desde que comenzamos, ya van contestadas unas 7 mil consultas”.

El INTA también presentó en la feria su innovación para teléfonos inteligentes. En colaboración con Microsoft, desarrollaron una app gratuita (sólo para Windows Phone) que aspira a hacer más eficiente el enfriado (aireado) de los granos almacenados. Diego de la Torre, técnico en Balcarce, lo explicó: “El ventilador para el aireado debe estar encendido entre un 30% y un 40% del tiempo. Esta aplicación nos dice a qué temperatura programar el activado automático, en función del pronóstico meteorológico local”.

http://www.clarin.com/politica/control-granos-malezas-celular_0_1102689824.html

En el siguiente esquema se muestra las principales vistas de la cápsula junto a sus medidas expresadas en centímetros:



Hoja de datos del módulo Xbee PRO:

XBee® Multipoint RF Modules

Embedded RF Modules for OEMs

Low-cost, easy-to-deploy modules provide critical end-point connectivity to Digi's Drop-in Networking product family.



Overview

XBee Product Family
 The XBee family of embedded RF modules provides OEMs with a common footprint shared by multiple platforms, including multipoint and ZigBee/Mesh topologies, and both 2.4 GHz and 900 MHz solutions. OEMs deploying the XBee can substitute one XBee for another, depending upon dynamic application needs, with minimal development, reduced risk and shorter time-to-market.

Why XBee Multipoint RF Modules?
 XBee multipoint RF modules are ideal for applications requiring low latency and predictable communication timing. Providing quick, robust communication in point-to-point, peer-to-peer, and multipoint/star configurations, XBee multipoint products enable robust end-point connectivity with ease. Whether deployed as a pure cable replacement for simple serial communication, or as part of a more complex hub-and-spoke network of sensors, XBee multipoint RF modules maximize wireless performance and ease of development.

Drop-in Networking End-Point Connectivity
 XBee OEM RF modules are part of Digi's Drop-in Networking family of end-to-end connectivity solutions. By seamlessly interfacing with compatible gateways, device adapters and extenders, XBee embedded RF modules provide developers with true beyond-the-horizon connectivity.

Application Highlight



Warehouse

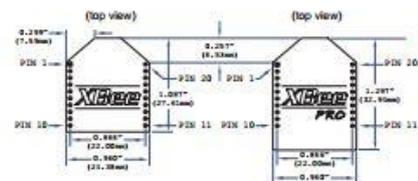
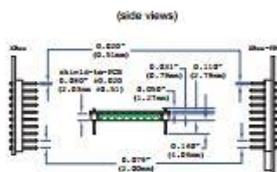
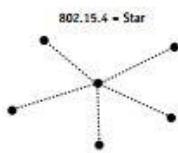
Features/Benefits

- 802.15.4/Multipoint network topologies
- 2.4 GHz for worldwide deployment
- 900 MHz for long-range deployment
- Fully interoperable with other Digi Drop-in Networking products, including gateways, device adapters and extenders
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- Low-power sleep modes
- Multiple antenna options
- Industrial temperature rating (-40° C to 85° C)
- Low-power and long-range variants available



www.digi.com

Platform	XBee® 802.15.4 (Series 1)	XBee-PRO® 802.15.4 (Series 1)	XBee-PRO® XSC
Performance			
RF Data Rate	250 kbps	250 kbps	10 kbps / 9.6 kbps
Indoor/Urban Range	100 ft (30 m)	300 ft (100 m)	Up to 1200 ft (370 m)
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	300 ft (100 m)	1 mi (1.6 km)	Up to 6 mi (9.6 km)
Transmit Power	1 mW (+0 dBm)	60 mW (+18 dBm)*	100 mW (+20 dBm)
Receiver Sensitivity (1% PER)	-92 dBm	-100 dBm	-106 dBm
Features			
Serial Data Interface	3.3V CMOS UART	3.3V CMOS UART	3.3V CMOS UART (5V Tolerant)
Configuration Method	API or AT Commands, local or over-the-air	API or AT Commands, local or over-the-air	AT Commands
Frequency Band	2.4 GHz	2.4 GHz	902 MHz to 928 MHz
Interference Immunity	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
Serial Data Rate	1200 bps - 250 kbps	1200 bps - 250 kbps	1200 bps - 57.6 kbps
ADC Inputs	(6) 10-bit ADC inputs	(6) 10-bit ADC inputs	None
Digital I/O	8	8	None
Antenna Options	Chip, Wire Whip, U.F.L. & RPSMA	Chip, Wire Whip, U.F.L. & RPSMA	Wire Whip, U.F.L., RPSMA
Networking & Security			
Encryption	128-bit AES	128-bit AES	No
Reliable Packet Delivery	Retries/Acknowledgments	Retries/Acknowledgments	Retries/Acknowledgements
IDs and Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 12 Channels	PAN ID, 32-bit Address, 7 Channels
Power Requirements			
Supply Voltage	2.8 - 3.4VDC	2.8 - 3.4VDC	3.0 - 3.6VDC
Transmit Current	45 mA @ 3.3VDC	215 mA @ 3.3VDC	265 mA typical
Receive Current	50 mA @ 3.3VDC	55 mA @ 3.3VDC	65 mA typical
Power-Down Current	<10 uA @ 25° C	<10 uA @ 25° C	45 uA pin Sleep
Regulatory Approvals			
FCC (USA)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO	MCQ-XBEEEXSC
IC (Canada)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO	1846A-XBEEEXSC
ETSI (Europe)	Yes	Yes* Max TX 10 mW	No
C-TICK Australia	Yes	Yes	No
Telec (Japan)	Yes	Yes*	No



Visit www.digi.com for part numbers.

DIGI SERVICE AND SUPPORT - You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a strong five-year warranty. www.digi.com/support



91001412
81/911

**Digi International
Worldwide HQ**
877-912-3444
952-912-3444

**Digi International
France**
+33-1-55-61-98-98
www.digi.fr

**Digi International
Japan**
+81-3-5428-0261
www.digi-intl.co.jp

**Digi International
India**
+91-80-4287-9887

**Digi International
Singapore**
+65-6213-5380

**Digi International
China**
+86-21-5150-6898
www.digi.cn

BUY ONLINE • www.digi.com

© 2006-2011 Digi International Inc. All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the When Reliability Matters logo, XBee and XBee-PRO are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners.

info@digi.com



Hoja de datos del Micro Controlador:



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

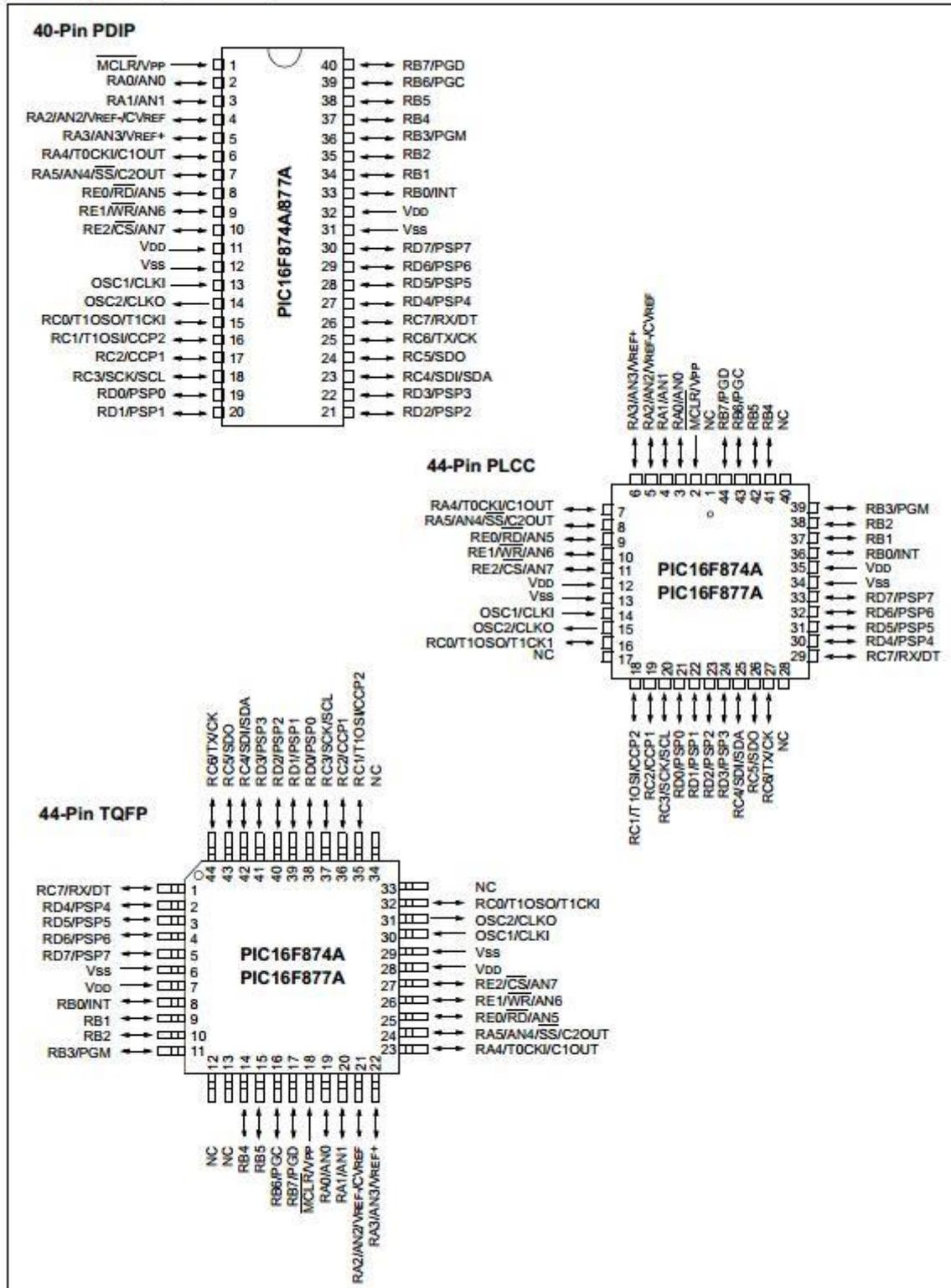
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

Pin Diagrams (Continued)



PIC16F87XA

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz			
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)			
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Hoja de datos del sensor de Temperatura:



Standard AM2302/DHT22



AM2302/DHT22 with big case and wires

Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22

1. Feature & Application:

- *High precision
- *Capacitive type
- *Full range temperature compensated
- *Relative humidity and temperature measurement
- *Calibrated digital signal
- *Outstanding long-term stability
- *Extra components not needed
- *Long transmission distance, up to 100 meters
- *Low power consumption
- *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2302 output calibrated digital signal. It applies exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

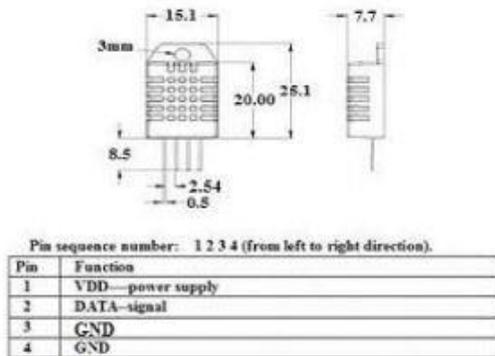
Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(100m) enable AM2302 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

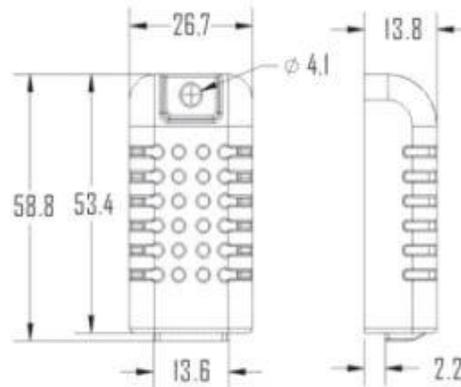
3. Technical Specification:

Model	AM2302
Power supply	3.3-5.5V DC
Output signal	digital signal via 1-wire bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +-2%RH (Max +-5%RH); temperature +-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Interchangeability	fully interchangeable

4. Dimensions: (unit—mm)



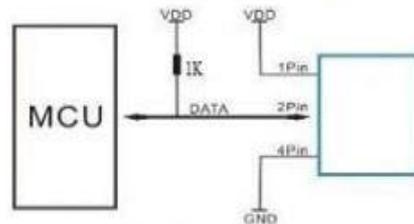
Standard AM2302's dimensions as above



Big case's dimensions as above

**Red wire—power supply, Black wire—GND
Yellow wire—Data output**

5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

1-wire bus is used for communication between MCU and AM2302. (Our 1-wire bus is specially designed, it's different from Maxim/Dallas 1-wire bus, so it's incompatible with Dallas 1-wire bus.)

Illustration of our 1-wire bus:

7. Electrical Characteristics:

Items	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The AM2302 sensor can recover after working in abnormal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere AM2302's sensitive-elements and debase AM2302's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the AM2302 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the AM2302 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

AM2302 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase AM2302's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

- * Welding temperature should be bellow 260Celsius.

- * Avoid using the sensor under dew condition.

- * Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of AM2302 may cause personal injury.