

# Adaptación de un Middleware de Internet de las Cosas para Gestionar el Proceso de Fermentado en la Industria de Manufactura del Té

Eduardo O. Sosa<sup>1,2,a</sup>, Diego Alberto Godoy<sup>1,2,b</sup>, Edgardo A. Belloni<sup>1,2,c</sup>, Juan de Dios Benítez<sup>1,2,d</sup>, Hernán Bareiro<sup>1,e</sup>, Fabián Favret<sup>1,f</sup>, Paola Quiñones<sup>1,g</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (C.I.T.I.C.) - Universidad Gastón Dachary (UGD)

<sup>2</sup>Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales; Félix de Azara 1552 - N3300LQH - Posadas  
Universidad Nacional de Misiones

<sup>a</sup>es@fceqyn.unam.edu.ar, <sup>b</sup>diegodoy@citic.ugd.edu.ar, <sup>c</sup>ebelloni@ugd.edu.ar, <sup>d</sup>juan.benitez@citic.ugd.edu.ar, <sup>e</sup>hbareiro@citic.ugd.edu.ar, <sup>f</sup>fabianfavret@citic.ugd.edu.ar, <sup>g</sup>pquiñones@citic.ugd.edu.ar

## Resumen

En este trabajo se presenta la utilización de middleware para internet de las cosas adaptado a un sistema de monitoreo, que transforma un sistema tradicional de medición de temperatura y humedad del ambiente, en una implementación basada en WSN capaz de calcular la humedad del sólido que se está analizando.

Este trabajo presenta una línea de investigación dentro del proyecto denominado “Diseño de arquitecturas de soporte a la Internet del futuro y Ambientes Inteligentes para su Aplicación en Ciudades Inteligentes – Fase II” de la

Futuro y Ambientes Inteligentes” y “Diseño de arquitecturas de soporte a la Internet del futuro y Ambientes Inteligentes para su Aplicación en Ciudades Inteligentes – Fase II”, acreditados en la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UGD por RR.19/A/12 y RR.18/A/14 respectivamente.

Se relaciona y articula directamente con diversos proyectos de investigación acreditados en la Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP) de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM, enfocados en las temáticas “Internet del Futuro” e “Internet de las Cosas”, entre los que se incluyen: Proyecto 16Q474 “Simulaciones de Sistemas Modernos de Comunicación”; y Proyecto 16Q519 “Ambientes Inteligentes. Una Mirada a Internet del Futuro”.

Referente a este proyecto existen 7 tesinas de grado en curso, 5 tesinas de grado finalizadas, un trabajo final de Especialización finalizado (UNLP), una tesis de Maestría en Ingeniería de

**Palabras clave:** Té negro, Redes de Sensores Inalámbricos, IoT

## Contexto

El trabajo se enmarca en el proyecto de investigación denominado “Diseño de Arquitecturas de Soporte a la Internet del

Software finalizado (UNLP) y una Tesis Doctoral en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones finalizada (Universidad de Vigo, España).

## 1. Introducción

La presente investigación parte de analizar los factores y plantear soluciones científico-tecnológicas para las fábricas elaboradoras de "Té Negro" [1] de la provincia de Misiones. La intención es mejorar la calidad de nuestro té. Teniendo en cuenta que éste se considera de calidad media-baja se espera a partir del análisis, estudio, pruebas y la construcción de un prototipo tecnológico demostrar que con soluciones de hardware-software estos valores pueden optimizarse.

Este proyecto tuvo como desafío diseñar y construir una solución tecnológica, que permite conocer los valores de humedad de la masa [2] que se encuentra en la cinta de fermentado de manera instantánea y, en el mismo momento que el proceso está ocurriendo. Pudiendo prescindir de muestreos, análisis de laboratorios, especialistas, conocimientos empíricos hasta hoy aplicados por idóneos; como de esperas de 12 a 48 horas para conocer dicho valor. Utilizando dispositivos diseñados para medir temperatura y humedad relativa [3]. El prototipo es una herramienta que expone valores que están apoyados en varias ciencias como ser la química básica, la química de alimentos, la ingeniería en electrónica con sus componentes de hardware innovadores y la ingeniería en informática logrando integrar todos estos saberes en un solo componente que brinda datos e información para la toma de las decisiones. Dichas decisiones determinan la buena, media o baja calidad del té negro elaborado.

## 2. Línea de Investigación

Para esta línea se han planteado los siguientes objetivos:

Como objetivo general se propone desarrollar una solución tecnológica de monitoreo de temperatura y humedad para determinar la humedad del sólido en el proceso de fermentado de té negro utilizando WSN. Asimismo los objetivos específicos son los siguientes:

- Caracterizar el proceso de industrialización del té negro enfatizando en los factores del proceso de fermentado que mejoran la calidad del té negro.
- Conceptualizar sobre el estado del arte de las Redes de Sensores Inalámbricos analizando las formas de medir las variables humedad relativa y absoluta con dicha tecnología.
- Describir el sistema de medición de la temperatura y humedad actual de los secaderos, identificando los requerimientos para un sistema basado en redes de sensores inalámbricos.
- Desarrollar un prototipo en base a un middleware de internet de las cosas que permita mostrar el monitoreo de la temperatura y humedad del proceso de fermentado [1] [4] del té negro.
- Evaluar los resultados obtenidos del conjunto de pruebas.

Los detalles del middleware para IoT [5] utilizado se pueden ver en [6] siguiendo los estándares de la ITU [7]. El estilo de aplicación conseguida es como las estudiadas en [8]. Para esta implementación se han utilizado sensores de la marca ISense [8]. Cabe destacar en este artículo se presentan los avances en la adaptación del middleware para el escenario de un trabajo anterior de los autores [10].

## 3. Resultados

En días de verano en la provincia de Misiones en la capital del departamento de Leandro N. Alem tanto en la zafra del año 2013, como del

2014 se desplegó en una fábrica secadora de té el prototipo del sistema de monitoreo de temperatura y humedad basado en una WSN. Centrados en el proceso de fermentado dentro de la planta fabril se repetían tres líneas, que recibían el material que provenía del proceso previo, con una cinta transportadora cada una de las líneas. Las dimensiones de las cintas transportadoras eran de un metro de ancho por seis metros de largo, construidas en acero inoxidable las zonas que están en contacto con el colchón de té. Cuenta con 2 rodillos responsables de remover el material los cuales tomaban las hojas que se encontraban en la parte inferior del colchón y lo trasladaban a la parte superior, de esta forma las hojas que estaban en contacto con la cinta pasaban a la superficie y viceversa. Cabe resaltar que el colchón de té se encuentra con un espesor de 10 cm en cada una de las sucesivas visitas.

Lo que se pudo observar con una primera impresión es que la masa de té proveniente del proceso de enrutado con un color verde claro, el aspecto que relucía era a un material foliar crudo, mojado, uniforme, carente completamente de aroma. En cambio una vez recorrida toda la cinta transportadora cuando la atención se fijó en la entrada del proceso de secado nos encontramos con una masa té de un color cobrizo producto de la oxidación producida en esta etapa, con un aspecto seco sin jugos en las uniones y uniforme.

Se cruzaron de lado a lado de la cinta transportadora alambres uno en cada punto a analizar y sobre los mismos se ubicaron los sensores. Los sensores se encontraban a 1 cm de la masa de té siendo el módulo que posee el transductor de temperatura y humedad el más próximo a la masa, el siguiente era el módulo principal y el último módulo era el encargado de alimentar a todo el sistema, el mismo se conectaba a las baterías que estaban formadas por cuatro pilas recargables tipo "triple A".

Todo el proceso de elaboración desde que entra la hoja recién cosechada hasta que se clasifica o tipifica el producto final dura aproximadamente 12 horas.

Como se mencionó anteriormente, la etapa del proceso donde la investigación se centró es el fermentado, el cual posee una duración que puede variar desde los 40 minutos hasta las 2 horas inclusive. La frecuencia con que se evaluaron las variables temperatura y humedad ambiental variaron en un rango que va desde 1 segundo hasta los 12 minutos. Logrando así tener una cantidad de muestras significativas del estado de las variables durante este proceso. Para la primera prueba se utilizaron cinco nodos sensores en total. Un único mote conectado a un computador con la función de puerta de enlace, recibiendo los datos de los otros cuatro sensores que medían temperatura y humedad, de los cuales, los tres primeros se encontraban en el lecho. El cuarto o último nodo se lo expuso a la intemperie para tener una referencia de las condiciones fuera de la nave.



**Figura 1. Cinta transportadora al final del proceso de enrutado y principio del proceso de fermentado. (Fotografía tomada en enero del 2015)**

La ubicación de los sensores corresponde a las necesidades de control que se tienen en el proceso que se está evaluando. El primer punto de control fue ubicado a la salida del proceso de enrutado, es decir a la entrada del proceso de fermentado para conocer las condiciones iniciales. De esta manera se pudo evaluar y modificar los procesos previos al fermentado, como ser: la recepción y clasificación de la materia prima, el enrutado y el proceso de marchitado. Esto se puede ver en la Figura 1.

El segundo nodo se ubicó exactamente en la mitad del proceso siendo éste el punto más importante pues en esta instancia aún se pueden

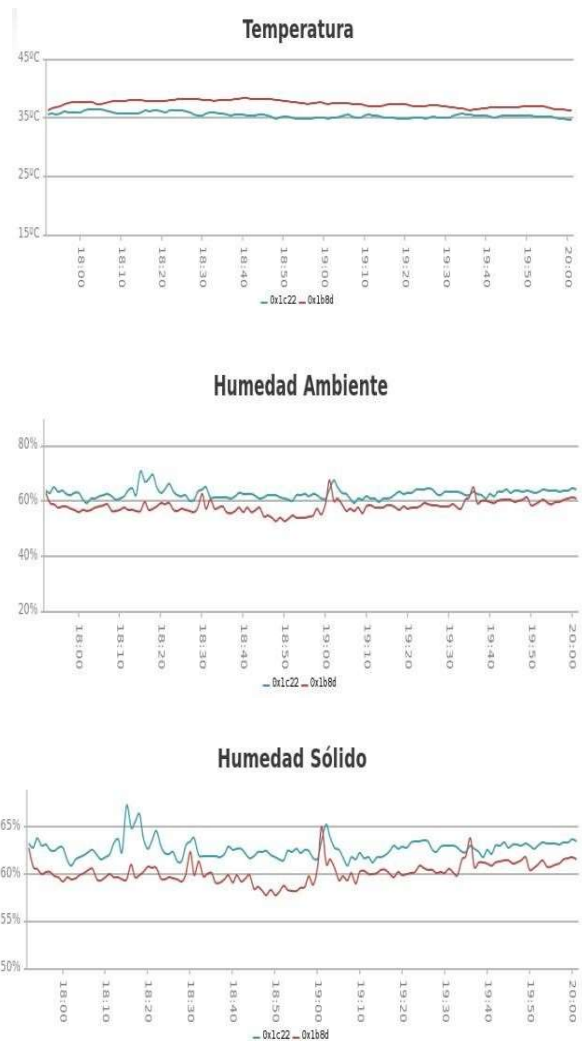
modificar las variables de humedad y temperatura del lecho (activando o desactivando los aspersores de agua, aumentando o disminuyendo la velocidad de la cinta transportadora, aumentando o disminuyendo el espesor de colchón de hojas o encendiendo y apagando los ventiladores).

Y por último se instaló un mote al final del proceso de fermentado, que permite obtener la información necesaria para determinar la temperatura del horno en la próxima etapa denominada secado.

Además se adicionó en esta prueba un sensor que no realizaba mediciones de manera continua. Fue introducido en la mitad del lecho en contacto directo con la masa de té que está en el fermentado y acompañó el recorrido de la cinta para determinar así la temperatura en el sólido. Exactamente a cinco centímetros de la cinta transportadora con té por encima y por debajo del sensor; midió la temperatura de la masa de té ya que el equipo se encontraba en equilibrio con dicha masa, cabe aclarar que no se tuvieron en cuenta los valores de humedad que éste identificaba por hallarse herméticamente protegido.

El sensor móvil antes mencionado pasó por debajo de los tres sensores fijos. Cuando el sensor que está en movimiento alcanzaba a los nodos fijos la diferencia que se obtuvo en la medición fue de 2 grados centígrados aproximadamente.

A continuación se en la Figura 2 se presenta parte de la vista terminada del front-end del middleware adaptado con el fin de exponer los datos de temperatura, humedad ambiente y humedad del sólido que se encuentra en el lecho de fermentado. Dicha vista está destinada al usuario final que puede ser el capataz de la fábrica u operarios que manejan los actuadores del proceso de fermentado (ventiladores, cuan alto se encuentra el colchón de té en la cinta, el humidificador y la velocidad del recorrido de la cinta).



**Figura 2. Vista de Usuario del Sistema de monitoreo de temperatura y humedad para el proceso de fermentado de té negro basado en una WSN. Elaboración propia.**

#### 4. Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo se encuentra formado por una Doctora en Ingeniería Telemática (España),

un Doctor en Ciencias Informáticas y Magister en Redes de Datos, un Doctor en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Magister y Especialista en Ingeniería de Software, un Maestrando de Ingeniería de la Web, dos Mastrandos de Redes de Datos, tres auxiliares de investigación graduado y ocho auxiliares de investigación en período de realización de trabajos de grado. El número de tesinas de grado en curso con proyecto aprobado es de cinco y el número de trabajos de especialidad finalizado es tres dentro de la línea de investigación. Los proyectos de grado se titulan “Diseño de un prototipo para monitoreo eficiente de iluminación basado en WSN utilizando HTML5”, “Contribución a la Gestión de Residuos Domiciliarios como una Aplicación en Ciudades Inteligentes” y “Análisis y comparación de modelos de propagación para optimizar la localización geográfica de Ganado”.

## 5. Bibliografía

- [1] Alimentos Argentinos,. [Online]. <http://www.alimentosargentinos.gov.ar>.
- [2] W BALTES, "Química de los alimentos," 2007.
- [3] A. Pezzutti and Crapiste. G.H., "Sorptional Equilibrium and Drying Characteristics of Garlic.," 1997.
- [4] FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). [Online]. [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [5] K Ashton, "'That 'Internet of Things' Thing'," 2009 (rev. 2011).
- [6] Diego Alberto Godoy, Eduardo Omar Sosa, and Rebeca Díaz Redondo, "Internet De Las Cosas: Middleware De Gestion De Datos De WSN," in *CONFERENCIA WWW/INTERNET 2015 e COMPUTAÇÃO APLICADA 2015 FLORIANÓPOLIS*, Florianópolis, 2015.
- [7] International Telecommunication Union ITU, *Service description and requirements for ubiquitous sensor network middleware.*: ITU-T Recommendation F.744, 2009.
- [8] Diego Alberto Godoy, Plataformas para la creación de mashups sensibles al contexto en entornos de inteligencia ambiental. Trabajo Final de Especialidad en Ingeniería de Software, 2013, Universidad Nacional de Plata.
- [9] Coalesense. (2015) iSense Wireless Sensor Network Software. [Online]. <http://bit.ly/1WMMiR0>
- [10] P. Quiñones, D. Godoy, and E. Sosa, "Redes Inalámbricas de Sensores: Una Experiencia En La Industria Del Té," in *42° Jornadas Argentina de Informática*, Córdoba, 2013.