



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO

INVESTIGACIÓN & DESARROLLO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**REVISTA
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

VOLUMEN 6 - NÚMERO 2

www.uta.edu.ec
revista.dide@uta.edu.ec



**UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO**

Rector

Dr. MSc. Galo Naranjo López

Vicerrector Académico

Ing. MSc. Jorge León Mantilla

Vicerrector Administrativo

Ing. MSc. Francisco Pazmiño

Director de Investigación

PhD. Victor Hugo Andaluz

**Revista Semestral
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Diciembre 2013

Volumen 6, Número 2

ISSN: 1390-5546

EDITOR

Victor Hugo Andaluz, PhD.

CO-EDITOR

Dr. Flavio Roberti

Argentina

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Danilo Chávez

Escuela Politécnica Nacional

Ecuador

MSc. Paúl Romero

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Ecuador

Dra. María Gabriela Pérez

Universidad Rey Juan Carlos

España

Dr. Borja Velazques

Politécnica de Valencia

España

MSc. Stalyn Alejandro Avila

Universidad de Manchester

Inglaterra

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Av. Colombia y Chile (Ingahurco)

Ambato- Ecuador



PRÓLOGO

El cambio de época que se vive a nivel mundial, los nuevos escenarios políticos, económicos, los retos científicos y tecnológicos; la misma evolución del sector productivo nacional e internacional; los tratados comerciales entre naciones; las incertidumbres que surgen en las áreas ocupacionales al aplicar las nuevas tecnologías; entre otros factores obligan a que se deba replantear la educación fomentando el desarrollo tecnológico, la investigación formativa, e investigación generativa en la comunidad universitaria.

Por su parte, el Plan Nacional de Desarrollo del Ecuador contempla cuatro áreas básicas: soberanía alimentaria; soberanía económica; sectores estratégicos, servicios y empresas públicas; y trabajo y producción. Áreas estrechamente relacionadas todas con el manejo adecuado y sustentable del medio. Articulado a través de doce objetivos básicos, que señalan las necesidades principales del país y de su ciudadanía, que vincula una observancia obligatoria al mismo de parte de toda institución pública:

“El Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programa y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados.”

En este contexto la revista Investigación y Desarrollo presenta en esta edición trabajos de carácter científicos en el área de conocimiento de las ingeniería, enfocados en el modelo del cambio de la Matriz Productiva del Ecuador, puesto que la innovación, la ciencia y la tecnología son los ejes movilizadores de las nuevas ciudades planificadas que buscan generar conocimiento del más alto nivel y fortalecer las capacidades en ámbitos técnicos y de inserción del mercado; desde esta concepción esta publicación abarca: 1) el área de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que tiene como fin integrar la educación y la investigación como ejes fundamentales para la producción tecnológica; y 2) el área agroalimentaria que fomenta los cambios tecnológicos optimizando permanentemente la eficiencia productiva, en forma compatible con la preservación del medio ambiente, e investiga nuevas tecnologías más eficientes para lograr nuevas fuentes alimenticias, para hacer frente a un crecimiento sostenido de la población mundial.

Víctor Hugo Andaluz,
Flavio Roberti

INDICE

- 7 **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE QoS SOBRE IPV6 EN LA TRANSMISIÓN DE VOIP EN UNA LAN CORPORATIVA,**
Proaño R.
- 15 **ARQUITECTURA ORIENTADA AL SERVICIO SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SOA)**
Flores A., Cholota E. y Marge D.
- 23 **INGENIERÍA DE SOFTWARE EN EL DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE**
Urrutia P. y Paucar A.
- 31 **CONTROL VIRTUAL DE UN COMPUTADOR MEDIANTE EL SENSOR KINECT**
Gallardo C., Santana J., Toasa R., Villacrés J., Ortiz J., Romero P. y Andaluz V.
- 37 **COMPORTAMIENTO EN FUSIBLES DE MEDIA TENSIÓN**
Pomaquero L.
- 47 **OBTENCIÓN DE PIEZAS METÁLICAS MEDIANTE LA PULVIMETALURGIA**
Espín S.
- 55 **EL EFECTO DEL USO DE PROBIÓTICOS (LACTOBACILLUS PLANTARUM & LACTOBACILLUS CASEI) Y ENZIMAS
AMILASAS (FUNGAMYL) & PECTINASAS (AFPL), EN LA FERMENTACIÓN ÁCIDO-LÁCTICA DE CAMOTE (IPO-
MOEA BATATAS L.)**
- 63 **CINÉTICA DEL SECADO EN LAS ALMENDRAS FERMENTADAS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) VARIEDAD
CCN51**
Teneda W.
- 69 **EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL FRUTO DE FRESA (FRAGARIA VESCA L.) EN ALMACENAMIENTO, EN EL
CANTÓN CEVALLOS DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**
Dobronski J.
- 77 **DETERMINACIÓN DEL AUMENTO DE PESO EN POLLOS DE ENGORDE (GALLUS GALLUS) MEDIANTE LA INCOR-
PORACIÓN DE DIFERENTES FUENTES PROTEICAS A SU ALIMENTACIÓN**
Santana F.

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE QoS SOBRE IPV6 EN LA TRANSMISIÓN DE VOIP EN UNA LAN CORPORATIVA.

Ricardo Proaño Alulema

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
r.proano@uta.edu.ec

RESUMEN:

En este trabajo se realizó el análisis de Calidad de Servicio (QoS) sobre IPv6 en la transmisión de VoIP en una red LAN Corporativa, con el fin de asegurar la transmisión de tráfico Real Time Protocol (RTP). Esto se realizó mediante el Protocolo de Inicio de Sesiones (SIP), implementando un ambiente de pruebas en el cual se simuló un enlace dedicado de 1024 Kbps, mediante un mecanismo de transición llamado Tunnel SIT y la política Rate Control. Se utilizó el Sistema operativo Linux, Software para VoIP (Asterisk con los controladores Driver Dahdi-complete 2.0), Software de monitoreo y tráfico Wireshark, Software para cliente SIP Communicator (jitsi), Software de Ruteo Vyatta, y un generador de tráfico basado en C "Mausezahn". Se demuestra que existen soluciones robustas y completamente libres, que permiten implementar escenarios complejos en los que se puede incluir Ruteo, QoS, y VoIP, sin ningún coste por el uso de licencias, y a su vez comprobar que la aplicación de QoS en la transmisión de VoIP, mejora notablemente la comunicación y asegura una transmisión de voz sobre IP estable y permanente.

Palabras clave: QoS, VoIP, IPv6, Vyatta, SIP

ABSTRACT:

In this work, the analysis of Quality of Service (QoS) over IPv6 in the transmission of VoIP on a corporate LAN, in order to ensure traffic transmission of Real Time Protocol (RTP) was done. This was achieved by the Session Initiation Protocol (SIP), implementing a test environment with a simulated dedicated link of 1024 Kbps through a transition mechanism called Tunnel SIT and Rate Control policy. Linux OS, Software for VoIP (Asterisk with Dahdi Driver drivers-complete 2.0), and traffic monitoring software Wireshark SIP Communicator client software (Jitsi), Vyatta routing software, and traffic generator based on C Mausezahn were used. This research project demonstrates that there are completely free and robust solutions that allow the implementation of complex scenarios in which routing, QoS, and VoIP can be included at no cost generated by the use of licenses. Additionally, it proves that the application of QoS for VoIP transmission greatly improves communication and ensures stable and permanent voice transmission over IP.

Keywords: QoS, VoIP, IPv6, Vyatta, SIP.

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 30 de noviembre de 2013

1. Introducción /

El desarrollo acelerado de Internet y el agotamiento inminente del espacio de direcciones IPv4 ha obligado a ciertas organizaciones a manejar varias alternativas que puedan sustentar este avance imparable e implacable, una de estas son los llamados mecanismos de transición, que facilitan la transición de Internet de su infraestructura IPv4 al sistema de direccionamiento de nueva generación IPv6.

El Protocolo IPv6 es una versión del protocolo de Internet Protocol (IP) y está destinado a reemplazar a IPv4, definido en el RFC 2460 esta nueva versión del Protocolo de Internet fue diseñado por Steve Deering de Xerox PARC y Craig Mudge.

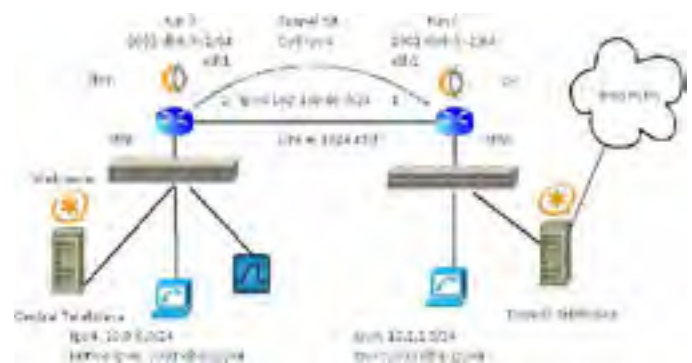
Uno de los aspectos principales de este nuevo estándar, a más de mecanismos de seguridad incorporados, es el soporte de Calidad del Servicio (QoS), lo que abre las puertas a nuevas tecnologías para soportar ingeniería de Tráfico, y una de las aplicaciones tiene mayor demanda como lo es la VoIP. Si bien las ventajas sobre Ipv4 son muchas, sin embargo la implementación del nuevo protocolo se la ha ido haciendo de una manera “prudente”, coexistiendo con el “viejo” protocolo, a través de mecanismos de transición bien definidos como Doble Pila, Túneles o Traducción.

Ricardo Proaño Alulema Universidad Técnica de Ambato Aspecto Legal Es importante señalar que la relevancia de la transición al nuevo protocolo Ipv6 ha marcado no sólo al sector privado y dedicado a la tecnología, sino a sectores públicos y gubernamentales, tal es el caso del Ecuador, que en el pasado año 2012, desde el ministerio de telecomunicaciones a través del acuerdo ministerial 007-2012 se solicitó en el Artículo 1, inciso 2: “Las instituciones y Organismos del sector Público señalados en el Art 225 de la Constitución de la República del Ecuador, deberán realizar las gestiones necesarias para que implementen sus sitios web y plataformas de servicios electrónicos, con el soporte y compatibilidad con el protocolo IPv6 de manera coexistente con el protocolo IPv4, en el plazo de un año contado a partir de la entrada en vigencia del presente acuerdo.”

De tal forma que se considera a IPv6 como una pieza clave en comunicaciones ubicuas, servicios multimedia de VoIP, redes sociales (P2P) y redes de sensores, por mencionar algunas. Todo gracias a las ventajas competitivas y de eficiencia que ofrece IPv6 respecto a IPv4.

2. Métodos, Técnicas e Instrumentos /

Para el análisis de la aplicación de QoS sobre Ipv6, se desarrolló un ambiente de simulación de una red empresarial, implementando tráfico de VoIP con Software libre (CentOS Asterisk), IPv6/Ipv4 (DualStack) y políticas de Calidad de servicio, con el objetivo de minimizar la latencia y el jitter de los paquetes deseados, maximizar la salida de estos paquetes y por el contrario, parar la salida de tráfico, por ejemplo, P2P, garantizando el paso del tráfico RTP, utilizando el diagrama de la Figura 1.



2.1 Métodos

Método Científico: Se utilizó este método ya que se analizaron ciertos rasgos de los protocolos propuestos para las tecnologías de VoIP, además las ideas, conceptos, y teorías expuestas en este proyecto de tesis son verificables como válidas, las mismas que servirán para recopilar la información necesaria con el objetivo de encontrar la tecnología adecuada a ser aplicada en el ambiente de pruebas a ser construido.

Método Inductivo: Debido a que al observar el funcionamiento de los protocolos de VoIP, en diversos escenarios, se va a llegar a una conclusión que permita identificar las diferencias y mejoras de VoIP sobre Ipv6, aplicando Calidad de Servicio, sobre la transmisión de VoIP en escenarios que no posean esta última característica.

Al estudiar en forma en el ambiente de pruebas las diferentes tecnologías y mecanismos de transición se trató de encontrar una tecnología que contenga las mejores características para la transferencia de VOIP.

Se utilizaron las técnicas de observación, recopilación de información, análisis y pruebas.

2.2 Instrumentos

Para la recopilación de la información, se utilizó el sniffer Wireshark ya que es utilizado por muchas empresas, universidades e Institutos. El programa posee la ventaja de ser gratuito y de código abierto desarrollado por un equipo internacional de desarrolladores de redes.

Aunque es relativamente nuevo, se utilizó Mausezahn como generador de tráfico ya que es muy utilizado para testear VoIP o redes multicast, aunque también puede usarse en auditorías de seguridad para chequear si los sistemas están suficientemente fortificados o, en el presente caso, como otra interesante herramienta para comprobar los IDS, SIEM y demás elementos de seguridad perimetral. Al tratarse de Voz sobre Ip se trata de generar tráfico Ip desde una terminal virtualizada con Ubuntu usando el siguiente comando: `#sudo mz -c 0 -t ip -p 1024 -B ip destino -d 2m`

3. Procedimiento

Para la realización del presente proyecto, se utilizaron conjuntamente elementos de software y hardware, que permitieron la implementación exitosa del entorno de pruebas, que brinda una calidad aceptable en las transmisiones de VoIP. Sumado a esto, se utilizaron aplicaciones de software libre, que permitieron minimizar costos y además otorgaron flexibilidad en el proceso de configuración y actualización del sistema en general. Se establecieron seis escenarios de pruebas para la obtención de los datos en base a los siguientes requerimientos que no deben faltar en una red de datos según la norma ETSI TS: 123 107 V7.1.0 (2007-10), y que se describen en la Tabla 1.

En el caso de la duración de la llamada, para el caso de telefonía vocal, según ATEL ASESORES C.A y su obra "Tráfico en Redes de Telecomunicaciones" elaborado por Diógenes Marcanose, se considera que tiene un comportamiento como el de una distribución exponencial negativa.

Pérdida de Paquetes	Perdida máxima del 2% del volumen de datos enviados
Media de Latencia unidireccional y RTT	Valor máximo de 60 milisegundos
Jitter	Variación máxima de 50 milisegundos
Ancho de banda en un canal de voz	32 Kbps para un canal de ida o vuelta

Tabla 1. Valores requeridos

La distribución exponencial. Interpretación: la cantidad de llamadas de duración x viene dada por:

$$P(X = x) = \frac{1}{\mu} e^{-x/\mu}$$

La probabilidad de que la duración de las llamadas sea x, viene dada por P(X=x).

La media y la varianza son iguales a $\mu = 3$ minutos.

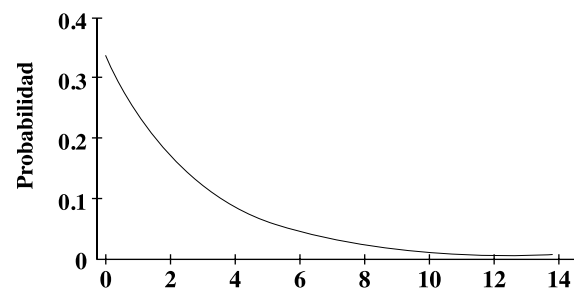


Figura 2. Distribución exponencial con media $\mu = 3$ minutos de duración de llamada.

Por lo cual el tiempo de llamadas para las pruebas realizadas fue de tres minutos.

3.1 Tamaño de la muestra y número de repeticiones en el diseño experimental.

El número de repeticiones del experimento o el número de llamadas realizadas, se determinó por la cantidad promedio de llamadas obtenidas en el rango de una hora de una empresa PYME promedio, misma que ha servido para determinar otro parámetro importante de los escenarios planteados como es el ancho de banda promedio como lo indica la siguiente tabla:

Parámetro	Cuantificador
Número de llamadas en una hora pico	180
Canal de Datos de un cliente corporativo promedio	1024 Kbps compartición 1:1
Hora Pico	10:00 a 11:00

Tabla 2. Referencia cantidad de llamadas

Cálculo del tráfico promedio A (Erlang) se lo ha realizado en base a dos factores importantes:

1.- La tasa de llegada de sesiones de comunicaciones Q [sesiones/s, sesión/min, sesión/hr]

2.- La duración promedio de cada sesión μ [seg o min] $A = \mu * Q$

De donde obtenemos los siguientes resultados:

$A = 180$ llamadas en hora pico * 3 minutos (valor de llamada promedio validado anteriormente)

$A = 3$ llamadas por minuto * 3 minutos

$A = 9$

El número de repeticiones será de 9 y lo haremos en base a este resultado para cada escenario. Dentro de las herramientas de QoS implementadas, y al desarrollarlas en ambiente de Software Libre, se utilizaron políticas de tráfico saliente:

Traffic Shaper y Rate Control, del software de ruteo Vyatta (Linux BSD).

Traffic-shaper (moldeador de tráfico), este algoritmo provee colas que se basan en Token Bucket ; que es muy parecido a round-robin pero no es tan estricto ya que permite que los recursos no usados por una clase de tráfico sean tomados por otra que sí los necesita. El algoritmo de shaper al igual que round-robin limita el uso del ancho de banda por clases pero aloja nuevamente y distribuye el ancho de banda sobrante.

El mecanismo de la política de tráfico rate-control (control de índice o tasa) es un algoritmo de planificación. Provee colas basadas en el algoritmo de Token Bucket Filter. Este algoritmo únicamente pasa paquetes que llegan a una velocidad o tasa que no excede la tasa administrativamente fijada. Es posible, sin embargo, sobrepasar esta tasa para ráfagas cortas de tráfico.

En la figura 3 podemos observar un ejemplo de Traffic shaper, operando de la siguiente manera: Las líneas de color rojo representan el tráfico VoIP, las líneas de color verde el tráfico de saturación y las líneas de color negro el tráfico de internet. Esto se puede apreciar en la figura 3:

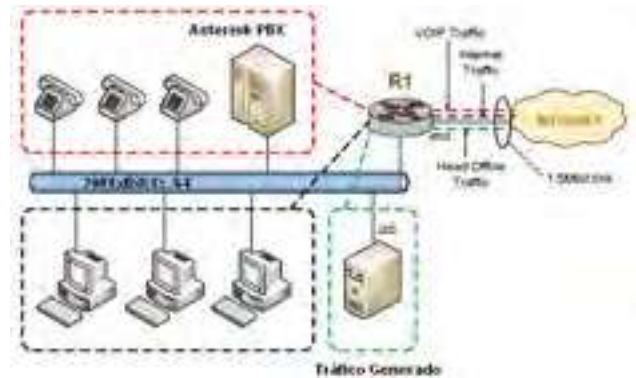


Figura 3. Ejemplo de Traffic Shaper.

El direccionamiento en el caso de ipv6 se escogió el prefijo 2001, por tratarse de un rango establecido únicamente para documentación, y una máscara /64. También se utilizó un direccionamiento IPv4, con máscara /24

Para el ambiente de VoIP, se utilizó Asterisk por su versatilidad y flexibilidad para adaptarse a las necesidades de cualquier organización, permitiendo la instalación y configuración de varios tipos de servicios.

Actualmente existen muchas implementaciones llamadas “tres en uno” como Trixbox, Asterisk Now y Elastix, que son de distribución libre e integran el Sistema Operativo, Asterisk y un administrador web de la Central telefónica. Sin embargo el escenario de pruebas planteado se lo ha realizado sobre CentOS 5.6, y se ha instalado sobre éste el software Asterisk, el mismo que tiene soporte para muchos teléfonos IP y softphones, actuando como pasarela de conexión hacia a PSTN. Esto se logra utilizando tarjetas con interface FXO, diseñada para conectar líneas analógicas desde la PSTN; y una interfaz FXS, que permiten conectar un teléfono analógico para así convertirlo en un teléfono IP.

Los paquetes de VoIP se encuentran en el protocolo RTP el cual está dentro de los paquetes UDP-IP.

1) VoIP no usa el protocolo de TCP porque es demasiado pesado para las aplicaciones de tiempo real así es que para eso usa el datagrama de UDP.

2) El datagrama de UDP no tiene el control sobre la orden de la cual los paquetes son recibidos o de cuánto tiempo toma para llegar ahí. Cualquiera de estos dos puntos son bastante importantes para la calidad (que tan clara se escucha la voz de la otra persona) y la calidad de la conversación (que tan fácil es llevar una conversación), por lo que RTP resuelve este problema permitiendo que el receptor ponga los paquetes en el orden correcto y que no se tarde con los paquetes que hayan perdido el camino o se tarden mucho en ser recibidos.

Primero se establece la llamada entre dos softphones con el software Jitsi:

Origen	Destino
2001:db8:2::100 10.0.0.0/24	2001:db8:1::100 10.1.1.0/24

Tabla 3. Direccionamiento

Luego se inunda la red con tráfico IP, FTP El sniffer Wireshark nos presenta la siguiente información:

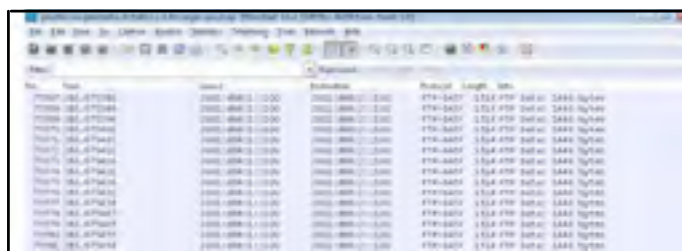


Figura 4. Ejemplo de captura de tráfico Ftp

Podemos observar el tráfico que se ha generado y que se ha capturado con Wireshark.

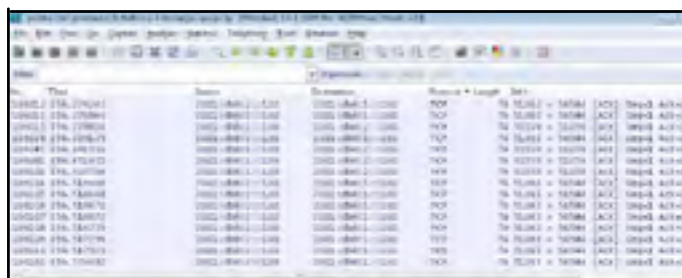


Figura 5. Tráfico TCP generado

En la siguiente figura notamos el tráfico RTP que se ha generado.

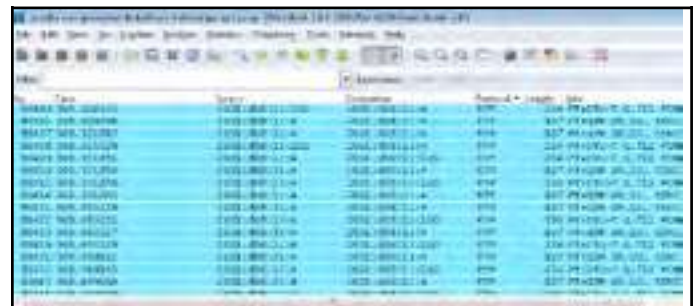


Figura 6. Tráfico RTP

Es importante señalar que la Ip de origen no se observa, esto sucede porque al estar en otro extremo de la red, el sniffer únicamente observa el servidor SIP, troncalizado “2001:db8:2::4”, que lo toma como generador del tráfico RTP.

Una de las fortalezas de Wireshark, es su gran versatilidad para obtener el tipo de información que necesitamos de un segmento de red, así podemos observar gráficamente el comportamiento de la red en diferentes circunstancias. En la figura 7, se puede observar la captura de tráfico, filtrada según la prioridad de tráfico asignada al tráfico RTP mediante la aplicación de QoS Traffic Shapper.



Figura 7. Análisis de tráfico aplicando QoS

Al aplicar filtrados de tráfico, podemos apreciar al tráfico RTP de color Rojo, el mismo que no decae al momento de saturar la red, el tráfico que no es RTP, lo podemos ver en color azul (es todo el tráfico restante).

Los comandos que se utilizaron para este análisis son:
Filter: RTP && ipv6.dst == 2001:db8:1::100

Esto quiere decir que deseamos generar un gráfico que muestre el tráfico RTP generado hacia la ip 2001:db8:1::100 con una línea de color rojo.

- NOT RTP

Para observar el resto de tráfico mostrado con la línea de color azul, en este caso inferimos que se ha aplicado QoS, por lo que llamada se ha mantenido y no ha decaído. Luego procedemos a obtener los RTP Streams, que son las estadísticas de las cuales obtendremos la información respecto a las variables dependientes de nuestra investigación.

4. Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos, de los escenarios planteados, mostrado en la tabla 1:

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
IPv4 sin QoS, en la red LAN	IPv4 sin QoS, en la red LAN	IPv4 sin QoS, en la red LAN	IPv4 sin QoS, en la red LAN	IPv4 sin QoS, en la red LAN	IPv4 sin QoS, en la red LAN

Tabla 1. Escenarios de prueba

Observamos los siguientes cuadros comparativos en base a la variable dependiente con sus respectivos indicadores.

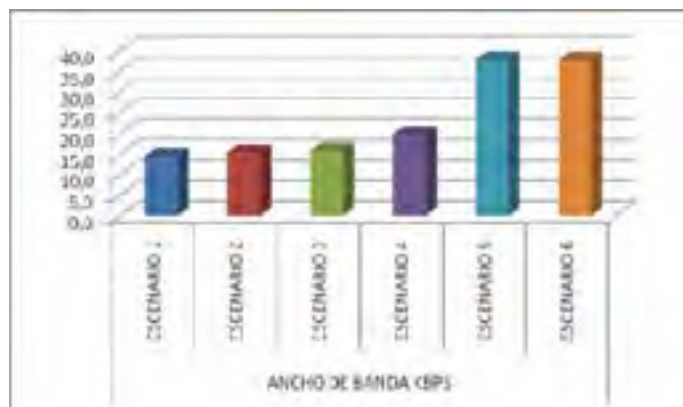


Figura 8. Comparación de Indicador Ancho de Banda

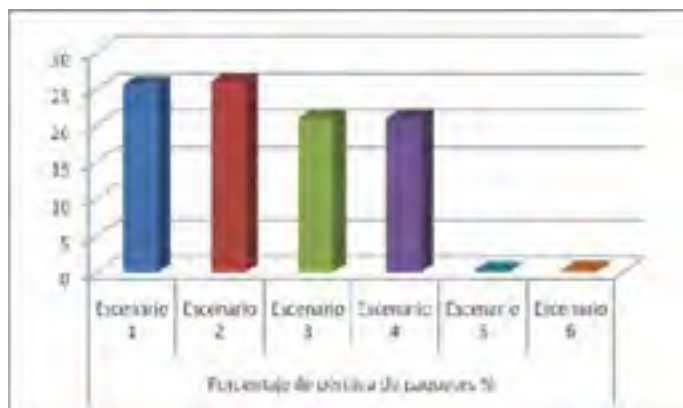


Figura 9. Comparación de Indicador % paquetes perdidos

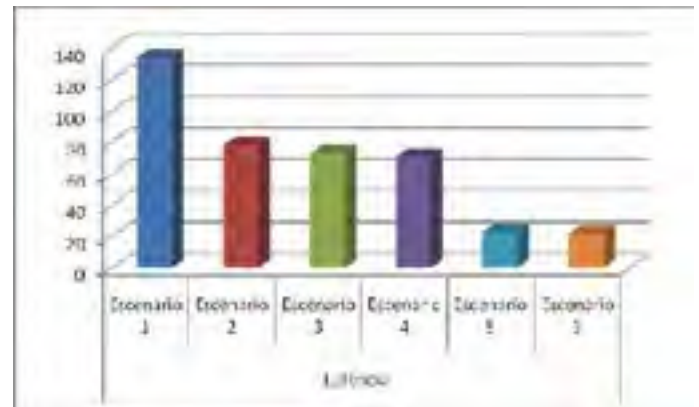


Figura 10. Comparación de Indicador Latencia

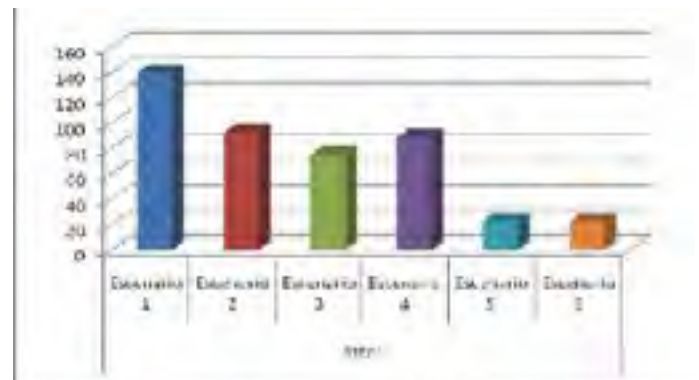


Figura 11. Comparación de Indicador Jitter

4.1. Estadístico de prueba (Chi cuadrado)

$$X^2_c = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

Para la comprobación de la Hipótesis nos basamos en el siguiente criterio:

Si $X^2_c \geq X^2_\alpha \Rightarrow$ Se rechaza H_0 y se acepta H_1

El gran total de la tabla de contingencia mostró un valor igual a 12, y de acuerdo a la tabla estadística de distribución de Chi-cuadrado, utilizando un nivel de significancia del 5%, con un grado de libertad de $gl = 5$, nos genera un valor tabulado de 11,07; de donde se obtiene:

$12 \geq 11,07 \Rightarrow$ Cumple con la condición

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis de investigación H_1 que dice: “La Aplicación de QoS sobre IPv6 mejora la transmisión de VoIP”.

La tabla 4 muestra un resumen obtenido mediante una media aritmética de los seis escenarios planteados y lo hemos dividido en tres grupos principales:

Protocolo	Ancho de banda (Max Kbps)	de 32	Paquetes perdidos (máx. 2%)	Latencia (Max ms)	Jitter (Max ms)
IPv4 Sin QoS	46%		26%	106 ms	116 ms
IPv6 sin QoS	56%		21%	75,5 ms	82 ms
IPv6 con QoS	100%		0,3%	22 ms	23 ms

Tabla 2. Resumen de Rendimiento de VoIP en diferentes escenarios

Observamos que la utilización de Ipv6, incluso sin implicaciones de Calidad de Servicio, ofrece mejores prestaciones que Ipv4.

5. Conclusiones

El presente Proyecto de Investigación se realizó bajo la consola de Asterisk, sobre el Sistema base CentOS 5.6, logrando comprobar que efectivamente se pueden manejar soluciones VoIP con soporte nativo y enteramente compatible con IPv6, permitiendo un significativo ahorro en costos de derechos de uso.

Los resultados evidenciaron las ventajas competitivas que ofrece IPv6 respecto a IPv4, a través de la comparación de cada indicador de la variable dependiente, así tenemos que el Ancho de Banda con IPv4 y sin QoS, alcanza un 46 % de su valor óptimo, el mismo indicador con IPv6 sin QoS, 56 % y con IPv6 pero aplicando QoS, alcanza valores que rondan el 100 % del valor óptimo.

Para el indicador Paquetes Perdidos, en el caso de IPv4 sin QoS, se obtiene un 26 %, IPv6 sin QoS 21 % e IPv6 con QoS, 0,3%. En los indicadores Latencia y Jitter se obtuvo un comportamiento con esta misma tendencia, es decir en ambientes de IPv4 se pudieron observar valores más lejanos al óptimo recomendado que en situaciones donde se aplicó IPv6 y más aún IPv6 con QoS.

Con los resultados obtenidos al implementar el mecanismo de la política de tráfico traffic-shaper que provee colas basadas en el algoritmo Token Bucket Shaping permite que los recursos no usados por una clase de tráfico sean tomados por otra que los necesita.

El algoritmo de shaper limita el uso del ancho de banda por clases pero realoja y distribuye el ancho de banda sobrante que permite asegurar una transmisión de VoIP estable y permanente.

El presente proyecto de investigación ha demostrado que existen soluciones robustas y completamente libres, que permiten implementar escenarios complejos en los que se puede incluir Ruteo, QoS, y VoIP, sin ningún coste por el uso de licencias.

El valor calculado del análisis estadístico Chi cuadrado, $X^2c = 12$ el mismo que es mayor al valor tabulado $X^2\alpha = 11,07$, por lo tanto se comprueba la Hipótesis planteada: "La Aplicación de QoS sobre IPv6 mejora la transmisión de VoIP".

Referencias

- [1] Jordi Palet. Ipv6 para todos. Internet Society pp 40-119.
- [2] Espinoza Juan Carlos. Validación y Estandarización de Instrumentos. Colombia. Subdirección de Evaluación y Tratamiento del INPEC. 2008. pp. 5...
- [3] Barrios Dueñas Joel. Implementación de Servidores con GNU/Linux. México. Edición de Julio 2008. pp. 110-124, 144-158, 233-236, 408-462, 482-484.
- [4] Fernández Manuel David. Implementación de Ipv6, QoS e IPSec con Linux. Madrid. 2003. pp. 16-29...
- [5] Fernández David. Introducción a Ipv6. Madrid. 2004. pp. 7-26
- [6] Emory C., William. Business Research Methods. Editorial Richard Irwin, Inc. Illinois, U.S.A., 1985. Pag. 360...
- [7] Levin, Jack. Fundamentos de Estadística en la Investigación Social. Editorial HARLA, México, 1979. Pag.

ARQUITECTURA ORIENTADA AL SERVICIO SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SOA)

Ana Virginia Flores, Edwin Orlando Cholota, David Fabricio Marge

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
aflores@uta.edu.ec

RESUMEN:

La creciente complejidad de los procesos de negocio y competitividad entre organizaciones, ha llevado a que se creen nuevas tecnologías ya no enfocadas en procesos sino en servicios, dando origen a la Arquitectura Orientada al Servicio (SOA) como una solución efectiva para las organizaciones que requieran integrar sus datos y lógica de negocio con las TI. El artículo presenta un estudio sobre SOA, revisando la información de libros y artículos técnicos donde se presentan los aspectos más importantes del tema. Inicialmente, se muestra un enfoque general sobre arquitectura de software, su evolución y los diferentes conceptos y definiciones, se explica la importancia del servicio dentro de la arquitectura. Posteriormente, se detallan las diferentes capas y componentes que la conforman, se expone la definición de servicio web sus características, protocolos y los estándares necesarios para su implementación. Por último, se dan a conocer las diferentes ventajas y desventajas de la misma.

Palabras clave: SOA, arquitectura, servicio web, estándares, SOAP.

ABSTRACT:

The increasing complexity of business processes and competitiveness in the organizations, has led to the creation new technologies focused in services not in processes, being SOA an effective solution for organizations that need to integrate their data with IT techniques. Our paper presents a description of Service-Oriented Architecture (SOA), after revising specific literature about this topic. Our initial approach shows a focus on this kind of architecture, its evolution and the different concepts and definitions of SOA, explains the importance of service into architecture. Next, we detail different layers and components that build up the architecture and we define Web service characteristics, protocols and standards required for its implementation. Finally, we expose the different advantages and disadvantages of SOA.

Keywords: SOA, architecture, web service, standard, SOAP.

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

1. Introducción

La globalización y el mundo cambiante de los negocios, ha llevado a que las organizaciones adopten las Tecnologías de Información (TI) como una herramienta de apoyo para la administración de sus datos y como medio para alcanzar sus objetivos.

La influencia del internet en los negocios ha obligado a las organizaciones a reconstruir su infraestructura tecnológica y a crear nuevos sistemas de información altamente escalables e interoperables. Para que esto sea posible, los directivos de TI están abandonando gradualmente los sistemas software que han sido desarrollados de forma monolítica. Si bien estos sistemas han sido fundamentales para lograr el incremento económico de las organizaciones, hoy en día no solucionan completamente los requerimientos del usuario.

La construcción de aplicaciones a base de pequeños componentes como servicios de software y servicios web, permite a las organizaciones realizar cambios y adaptaciones en sus sistemas de manera ágil y flexible. Al reutilizar servicios se simplifica el desarrollo de aplicaciones, consiguiendo ahorro de costos, mantenimiento y tiempo.

Dentro del área de la construcción de aplicaciones software un concepto indispensable es la arquitectura de software cuyo propósito es crear productos de calidad y servir como guía para el desarrollo.

El construir sistemas de información sin tener en cuenta la arquitectura de software, puede limitar la calidad del producto final. De acuerdo a Bass, Clements y Kazman [1] la Arquitectura de Software se refiere a “las estructuras de un sistema, compuestas de elementos con propiedades visibles de forma externa y las relaciones que existen entre ellos.”

La ISO/IEC/IEEE 42010:2011 define la arquitectura de un sistema software como “la organización principal de un sistema que involucra sus componentes, las relaciones entre ellos, su entorno y los principios que guían su diseño y evolución.” [2]

Finalmente diremos que “Arquitectura es una disciplina que ayuda a alinear las TI con las estrategias de negocio de la organización.” [3]

En la Figura 1.1 se puede apreciar como la arquitectura de software se ha desarrollado desde sus inicios hasta la actualidad.

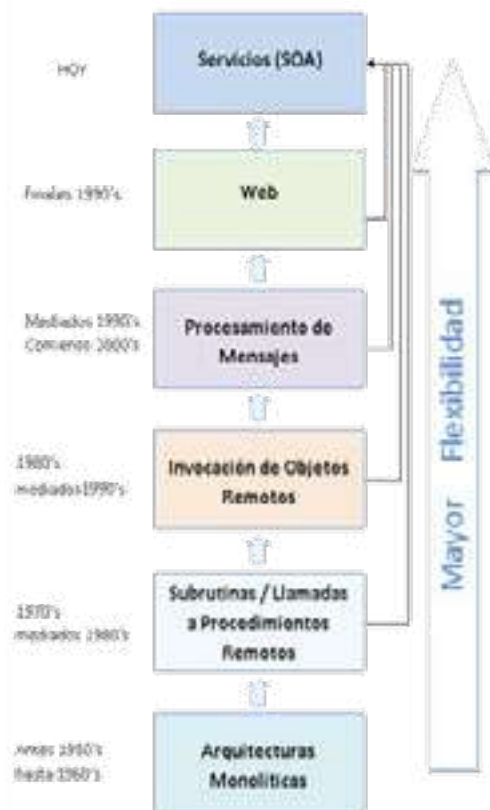


Figura 1. Desarrollo de la Arquitectura de Software. [14]

Como resultado de la evolución de las arquitecturas de software debemos destacar la arquitectura orientada al servicio denominada Service Oriented Architecture (SOA).

Un correcto enfoque de SOA en el diseño y construcción de sistemas software permite que las aplicaciones cuenten con atributos de calidad como: confiabilidad, mantenibilidad, flexibilidad, seguridad, interoperabilidad, escalabilidad, portabilidad, disponibilidad, reusabilidad entre otras, para poder lograr cumplir con dichos atributos es necesario construir aplicaciones a base de servicios.

2. SOA

El concepto de SOA nace a mediados de los años 80, cuando la computación distribuida y las llamadas a procedimientos remotos llegaron al mercado. Entre los años 1980

y 1990, SOA se limitó a proyectos de vanguardia cuyos arquitectos tuvieron la visión, la disciplina y el dinero para invertir en las fases iniciales de la aplicación en desarrollo, sabiendo que entre las recompensas de SOA estarían su escalabilidad, su agilidad y su reutilización. [4] A partir del año 2003 la arquitectura SOA se incorpora en las empresas [4], como una arquitectura que permita la interoperabilidad entre cada módulo o subsistema existente dentro de la organización, o para construir nuevas piezas de software con bajo acoplamiento, utilizando estándares para servicios web y que sean independientes de la tecnología empleada.

A continuación, veremos como es definida la Arquitectura SOA por varios autores:

Brown, define SOA como “un estilo de arquitectura que permite modularizar sistemas de información en servicios”. [5]

Lawler y Howell-Barber, definen SOA como “un framework para integrar los procesos de negocio y soportar la infraestructura tecnológica de la información de forma segura estandarizando componentes y servicios que pueden ser reusados y combinados para hacer frente a los cambios del negocio”. [6]

La Organization for Advancement of Structured Information Standards (OASIS), se refiere a SOA como un “Paradigma para organizar y utilizar capacidades distribuidas que pueden estar bajo el control de diferentes dominios. Provee una manera uniforme de ofrecer, descubrir, interactuar con ellos y sus capacidades de uso para producir el efecto deseado consistente en precondiciones y expectativas medibles.” [7]

IBM define SOA como “una forma de construir sistemas distribuidos que permiten ofrecer las funcionalidades de una aplicación como servicios tanto para aplicaciones de usuario final como para otros servicios”. Desde el punto de vista de IBM el objetivo principal de SOA es “alinear el mundo de los negocios con el mundo de las TI de forma que los hace a la vez más efectivos”. [8]

En base a las definiciones antes comentadas se puede decir que: SOA es un modelo arquitectónico basado en estándares que sirven para diseñar y construir piezas de software

granulares, débilmente acoplados y altamente interoperables e independientes de la tecnología. Sus aplicaciones hacen uso o se basan en servicios para satisfacer las necesidades de las empresas integrando los procesos del negocio.

3. Conceptos Técnicos de la Arquitectura SOA

Según Nicolai M. Josuttis [9], una SOA se basa en tres principales conceptos técnicos: servicios, interoperabilidad a través de un bus de servicios empresariales, y bajo acoplamiento.

3.1 Servicios

Lawler y Howell-Barber, define los servicios en SOA como “módulos de negocio o funcionalidades técnicas con interfaces expuestas a la funcionalidad.” [6]

Un servicio es una pieza de funcionalidad de negocio autónomo, a los cuales se pueden acceder a través de la red. La funcionalidad puede ser simple (almacenar o recuperar los datos del cliente) o complejo (un proceso de negocios para un pedido). [9]

Los servicios se pueden utilizar de forma individual e independientemente de la aplicación de la que forman parte y de la plataforma informática sobre las que se ejecutan. Al disponer de servicios individuales, las empresas podrán compartirlos, reutilizarlos, y agruparlos formando así servicios compuestos que brinden una respuesta rápida, oportuna e inmediata a los requerimientos empresariales.

3.1.1 Principios de SOA basados en la orientación a servicios

Thomas Erl [13] define ocho principios divididos en dos categorías, de implementación y regulación.

Los principios de implementación definen las características físicas que debería tener en cuenta para diseñar servicios:

- Contrato de servicio estandarizado.-Por medio de un contrato los servicios expresan su funcionalidad.

Todo servicio desarrollado, debe proporcionar un contrato en el cual debe figurar el nombre del servicio, su forma de

acceso, las funcionales que ofrece y los datos de entrada de cada una de las funcionalidades y los datos de salida.

El consumidor del servicio accederá a este mediante el contrato, logrando así la independencia entre el consumidor y la implementación del propio servicio.

- Servicios reutilizables.-El diseño y construcción de servicios debe estar basado en su reutilización dentro de la misma aplicación, dentro del dominio de aplicaciones de la empresa o incluso dentro del dominio público para su uso masivo.
- Servicios autónomos.-Un servicio debe tener su propio entorno de ejecución.
- Servicios sin estado.-Un servicio no debe guardar ningún tipo de información.
- Servicios descubribles.-Los servicios deben poder ser descubiertos para ser utilizados, evitando así la creación accidental de servicios que proporcionen las mismas funcionalidades.

Los principios de regulación aseguran que los principios de implementación sean aplicados de manera coordinada y apropiada.

- Bajo acoplamiento de servicios.-Independencia entre servicios.
- Abstracción de servicios.-El contrato de un servicio contiene la información esencial, ocultando la lógica al mundo exterior.
- Componibilidad de servicios.-Los servicios deben ser construidos de tal manera que pueda ser utilizado para construir servicios genéricos de más alto nivel, el cual estará compuesto de servicios de más bajo nivel.

El principal objetivo de SOA a través de los servicios es construir software altamente reutilizable para lo cual se basa en un conjunto de técnicas y principios.

3.2 Bus de Servicios Empresariales (Enterprise Service Bus -ESB)

El ESB es un middleware basado en estándares, que proporciona la comunicación entre los consumidores y los proveedores de un servicio por medio de mensajes.

El objetivo principal del ESB es proporcionar la interoperabilidad entre diferentes plataformas de hardware y softwa-

re. Debido a que los servicios pueden estar implementados en diferentes lenguajes de programación e integrados en diferentes plataformas es un rol fundamental del ESB permitir la transformación de datos.

Funcionalidades del ESB.

Según Dikmans y Van Luttikhuisen [3] las cuatro funcionalidades comunes que deben incluir los ESBs son: validación, composición de servicios, enrutamiento y transformación.

- Validación.-El ESB puede validar las solicitudes entrantes y/o las respuestas salientes a la interfaz especificada.
- Composición de servicios.-Servicios elementales se pueden agregar a servicios compuestos utilizando el ESB.
- Enrutamiento.-Los servicios están ocultos detrás del ESB y no visibles directamente para los consumidores. Cuando se recibe una solicitud de un consumidor de servicios, el ESB encamina al proveedor de servicio correcto. De esta manera, los cambios en los servicios pueden implementarse de manera transparente para los consumidores. A veces, más de un servicio está disponible para cumplir con la solicitud de servicio.

El ESB puede aplicar enrutamiento basado en el contenido para determinar qué solicitud de servicio necesita ser enrutada. El enrutamiento se basa en el contenido del mensaje, de ahí el nombre. Un caso especial de enrutamiento es dar soporte a múltiples versiones de un servicio, mientras que el proveedor de servicios solo ofrece la última versión del servicio.

- Transformación.-Un ESB expone los servicios en un formato de datos y protocolo apropiado para los consumidores del servicio. Por ejemplo, proporciona la transformación de protocolos y datos entre los consumidores del servicio y proveedores de servicios, para la integración con sistemas heredados, message-oriented middleware (MOM) y COTS, utilizando adaptadores exponiendo las interfaces propietarias como interfaces estandarizadas.

En la Figura 2 se representa el flujo básico del ESB que conecta a los consumidores de servicios con el proveedor de servicio.

El flujo ESB primero valida los mensajes de petición de entrada enviada por los consumidores, transforma el mensaje en un formato que es entendido por el proveedor de

servicios (por ejemplo, transforma de una estructura XML a otra) y luego rutea el mensaje al proveedor del servicio apropiado.

Desde la perspectiva del consumidor el servicio es ofrecido por el ESB.



Figura 2. Conexión a servicios a través de un Bus de Servicios Empresariales - ESB [9]

3.3 Bajo acoplamiento

Es el concepto de la reducción de las dependencias del sistema. Debido a que los procesos de negocio se distribuyen a través de múltiples backends, es importante minimizar los efectos de las modificaciones y fallos. Las modificaciones se hacen demasiado arriesgadas, y las fallas podrían romper el panorama general del sistema. Sin embargo, hay un precio para el bajo acoplamiento: la complejidad. Los sistemas distribuidos con bajo acoplamiento son más difíciles de desarrollar, mantener y depurar. [9]

Al hablar de bajo acoplamiento de servicios nos referimos a que los servicios deben vincularse con otros servicios sólo en tiempo de ejecución.

4. SOA y servicios web

Uno de los aspectos más importantes dentro de SOA son los servicios web (web services -WS).

La W3C define servicio web como “un conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la web y que intercambian datos entre sí con el objetivo de ofrecer servicios. Los proveedores ofrecen sus servicios como procedimientos remotos y los usuarios solicitan un servicio llamando a estos procedimientos a través de la Web. Estos servicios proporcionan mecanismos de comunicación estándar entre diferentes aplicaciones, que interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario.” [10]

Los servicios web permiten integrar aplicaciones creadas en lenguajes y plataformas diferentes a través de internet o una intranet.

Los servicios web se basan en un conjunto de estándares de comunicación, como son XML para la representación de datos, SOAP para el intercambio de datos y el lenguaje WSDL (Web Services Description Language) para describir las funcionalidades del WS [11]

“El uso de los servicios web es una buena práctica en la comunicación con los socios de negocios externos.” [12]

De las definiciones antes mencionadas se puede decir que los Servicios Web son el medio de comunicación que permiten la interoperabilidad entre aplicaciones a través del uso de estándares abiertos. De esta manera, aplicaciones desarrolladas en diferentes lenguajes de programación y ejecutadas en diferentes plataformas pueden intercambiar datos y presentar información dinámica al usuario.

4.1 Características de los servicios web

Los servicios web deben proporcionar las siguientes características:

Funcionalidad de negocio.-Los servicios web deben ser accesibles en remoto a través de la web.

Interfaz bien definida.-Ocultando la implementación real. El servicio puede estar implementado en cualquier tecnología, por ejemplo Java.

Interoperabilidad.-El proveedor del servicio y el solicitante pueden estar en tecnologías distintas, y aun así poder interactuar, desde el punto de vista del nivel de interoperabilidad de los servicios web, se pueden distinguir tres categorías:

- Privados.-El servicio web es consumido y desarrollado en la misma organización.
- Públicos.-El servicio web puede ser consumido por clientes internos y clientes de otras organizaciones, con los que previamente se ha negociado el modo de acceso.
- Globales.-El servicio web puede ser consumido por cualquier cliente en el mundo.

4.2 Componentes principales de los servicios web

Son tres los componentes principales en los servicios web: el registro de servicios, el proveedor de los servicios y el consumidor o cliente de los servicios.

Registro de servicios.-Es el directorio donde se encuentran centralizados los servicios. El registro proporciona un lugar común donde se puede publicar nuevos servicios o encontrar los ya existentes.

Proveedor de servicios.-Es la persona u organización encargada de implementar el servicio y ponerlo a disposición en internet o en una intranet. El proveedor de servicios describe la funcionalidad del servicio usando WSDL que contiene una lista de operaciones soportadas, tipos de datos intercambiados y la localización del servicio.

Consumidor o cliente de los servicios.-Es la persona u organización con necesidad de datos o servicios. El consumidor utiliza el servicio mediante la apertura de una conexión de red y el envío de una solicitud en formato XML.

4.3 Estándares en los servicios web

Hay cinco estándares fundamentales dentro de los servicios web. Dos son estándares generales que han existido previamente y se utilizaron como enfoque a los WS.

- **XML.**-Es usado como un patrón general para describir modelos, formatos y tipos de datos. La mayoría de estándares se basan en el estándar XML. De hecho, todos los estándares de servicios Web se basan en XML 1.0, XSD (XML Schema Definition).
- **HTTP incluido HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Security).**-Es usado como un protocolo de internet de bajo nivel. Un estándar particular dentro del HTTP es HTTPS que es un protocolo que puede ser usado para enviar servicios web a través de la red usando internet, pero no es el único también podemos utilizar FTP (File Transfer Protocol) o SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) para el mismo fin.

Los otros tres estándares especificados para los servicios web son:

- **WSDL.**-Es usado para definir las interfaces de los servicios. De hecho, se puede definir dos aspectos diferentes

de los servicios: su firma (nombre y parámetros) y los detalles de su implementación (protocolo y ubicación).

El Proveedor de servicios utiliza el archivo WSDL para generar el mensaje en el formato adecuado y para utilizar el protocolo de comunicación apropiado. El servicio solicitante utiliza ese archivo para entender cómo recibir y analizar el mensaje y cómo asignarlo al objeto o programa.

- **SOAP.**-Es un estándar que define el protocolo de los servicios web. Es un protocolo ligero que proporciona una manera de comunicarse entre las aplicaciones que se ejecutan en sistemas operativos diferentes, con diferentes tecnologías y lenguajes de programación.

SOAP define un formato común para mensajes XML a través de HTTP y otros protocolos de transporte, está diseñado para ser un mecanismo sencillo que se puede ampliar para incluir características adicionales, funcionalidades y tecnologías.

- **UDDI (Universal Description, Discovery and Integration).**-Es uno de los estándares básicos de los servicios web cuyo objetivo es ser accedido por los mensajes SOAP y dar paso a documentos WSDL, en los que se describen los requisitos del protocolo y los formatos del mensaje solicitado para interactuar con los servicios Web del catálogo de registros.

En la Figura 3 se representa la arquitectura de un servicio web. La arquitectura de los servicios web consta de tres funciones principales: descubrir, describir y transportar. Para realizar cada una de estas funciones se utiliza estándares basados en XML.

El proveedor de servicios web publica la información del servicio en el registro UDDI usando WSDL.

El consumidor del servicio web busca en el registro UDDI, una vez encontrado el servicio web deseado el UDDI entrega la descripción del servicio al consumidor. Entonces para obtener el servicio web el consumidor del servicio se conecta con el proveedor del servicio a través del protocolo SOAP. Finalmente el servicio web es entregado al consumidor vía SOAP.

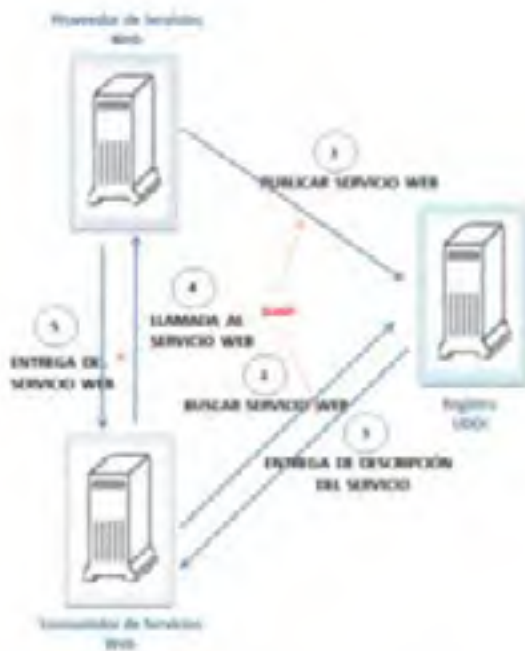


Figura 3. Arquitectura de un servicio web.

5. Caso de uso

El Sistema Administrativo Contable de la empresa Besix-plus Cia. Ltda está implementado con SOA utilizando servicios web. Permitiendo integrar diferentes módulos de la aplicación, desarrollados por distintos programadores de manera sencilla y en un corto tiempo. Para el desarrollo y ejecución del proyecto primero se realizó la capacitación del equipo de desarrollo sobre las nuevas tecnologías y estándares de programación.

En base al conocimiento adquirido se han definido las herramientas de software a utilizar, entre éstas podemos destacar la plataforma J2EE, IDE Eclipse Galileo y el servidor de aplicaciones JBoss para el despliegue de la aplicación. Ya definida la tecnología a utilizar se ha procedido al levantamiento de requerimientos, basados en los datos obtenidos. El equipo de desarrollo ha definido los servicios web a implementar detallando la funcionalidad y parámetros de entrada y salida que tendrá cada uno, para así evitar la creación de servicios que tengan la misma funcionalidad.

Ya creados los servicios web, se registran y testean para la encontrar fallas. Una vez validados y corregidos los errores, los servicios web son compilados y empaquetados para luego ser desplegados en el servidor de aplicaciones.

La utilización de SOA en la ejecución del proyecto ha presentado múltiples ventajas entre estas: mejorar el tiempo de desarrollo de las aplicaciones, siempre y cuando los procesos a automatizar estén bien definidos.

También ha permitido optimizar los tiempos de repuesta ya que un servicio web puede atender varias peticiones de distintos cliente desde diferentes aplicaciones y en distinto lugar del mundo.

Además la utilización de estándares en la generación de código ha permitido que este sea entendible y de fácil manipulación para nuevos miembros del equipo de desarrollo.

6. Ventajas y Desventajas

La adopción e implementación de una arquitectura SOA en una organización presenta múltiples ventajas y desventajas tales como las siguientes.

Las aplicaciones basadas en SOA utilizan protocolos y estándares abiertos aumentando así la flexibilidad e interoperabilidad entre aplicaciones heterogéneas siendo esta la principal ventaja.

La arquitectura SOA permite alinear las TI con las estrategias de negocio de la organización, pero no es apto optar por una arquitectura SOA cuando se tiene un ambiente de TI homogéneos.

SOA permite a las organizaciones responder con rapidez a las nuevas exigencias empresariales, pero cuando hay pocas razones para cambiar la lógica de negocio, flujos de datos o procesos no es recomendable optar por SOA.

SOA permite construir aplicaciones a base de pequeños componentes configurados como servicios, generalmente servicios web que pueden estar disponibles en internet y pueden ser utilizadas por otras aplicaciones, lo cual conlleva a problemas de seguridad.

Entre las ventajas más evidentes e inmediatas de la implementación de SOA en una organización se encuentra la reducción de costos y tiempos de desarrollo y costos de integración. No siempre una SOA es la mejor opción arquitectónica ya que requiere de un desarrollo adicional así como de infraestructura tecnológica que soporte la arquitectura, lo que se traduce en aumento de los costos.

7. Conclusiones /

La arquitectura SOA simplifica la alineación de los procesos de negocios con las TI. SOA permite a las organizaciones separar los procesos de negocio y orientarlos a servicios, generalmente servicios web los cuales con creados en base a estándares abiertos e independientes de la plataforma en la que se ejecutan lo cual permite la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones.

SOA hace posible la creación de sistemas altamente escalables, ya que está formado por servicios débilmente acoplados y altamente interoperables.

La implementación de la arquitectura SOA en una organización puede ser altamente costosa y llevar mucho tiempo si ésta no tiene bien definidos los procesos de negocio.

Finalmente concluiremos diciendo que SOA y servicios web tiene una relación muy estrecha pero no son lo mismo. Los servicios web son una tecnología estándar con la cual se puede implementar SOA.

Referencias /

- [1] Bass, L.; Clements, P. y Kazman, R. *Software Architecture in Practice*, 2nd Edition, Addison Wesley, 2003
- [2] ISO/IEC 2011 y IEEE 2011. (2011). *International Standard ISO/IEC/IEEE 42010*. (1a ed., 2011-12-01).
- [3] Dikmans, L. y Van Luttikhuisen, R. (2012). *SOA Made Simple*(pp. 19,121). UK: Packt Publishing.
- [4] Gartner, Inc. (2002). *Predicts 2003: SOA Is Changing Software*. Consultado de <http://www.gartner.com/id=380364> el 27 de Junio 2013
- [5] Brown, P. (2008). *Implementing SOA: Total Architecture in Practice*(pp. 16). SN: Addison Wesley Professional.
- [6] Lawler, J. y Howell-Barber, H. (2008). *Service-Oriented Architecture SOA Strategy, Methodology, and Technology* (pp. 31). US: Taylor & Francis Group, LLC.
- [7] OASIS. (2006). *Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0*, OASIS Standard. Consultado de <http://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/soa-rm.pdf> el 27 de Junio 2013
- [8] IBM. (2005). *IBM's SOA Foundation An Architectural Introduction and Overview*. (Versión 1.0). Consultado de <http://public.dhe.ibm.com/software/dw/webservices/ws-soa-whitepaper.pdf> el 27 de Junio 2013
- [9] Nicolai M. Josuttis. (2007). *SOA in Practice*. US: O'Reilly Media, Inc.
- [10] W3C. (2004). *Web Services Glossary*. Consultado de <http://www.w3c.es/Divulgacion/a-z/#servicios> el 5 de Julio 2013
- [11] Nicolás Tedeschi, Microsoft. *Web Services, un ejemplo práctico* Consultado de <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972248.aspx#authorbref> el 29 de Junio 2013
- [12] Mark Colan, IMB. (2004). *Service-Oriented Architecture expands the vision of web services, Part 1*.
- [13] Erl, Thomas. (2008). *SOA: principles of service design*. US: SOA Systems, Inc.
- [14] Javier Rosado Carrizo. *Arquitectura Orientada a Servicios* Consultado de <http://www.slideshare.net/jocluis/soa-java-day-uni> el 29 de Junio 2013

INGENIERÍA DE SOFTWARE EN EL DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

Pilar Urrutia, Alex Paucar

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
purrutia@uta.edu.ec

RESUMEN:

Este artículo aborda el tema de la Ingeniería de Software en el Desarrollo de Objetos Virtuales de Aprendizaje. Tomando al Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) como software educativo, se considera que para su construcción se necesita de la Ingeniería de Software para alcanzar resultados de calidad. Además, se le separa del desarrollo de software tradicional debido a que está orientado a un ambiente educativo y exhibe la necesidad de técnicas y recursos adicionales. Se presenta una nueva metodología basada en la ingeniería del software para la elaboración de recursos didácticos reutilizables en entornos de aprendizaje online, así como las condiciones para su almacenamiento en repositorios de objetos de aprendizaje.

Palabras clave: Ingeniería de Software, Objetos Virtuales de Aprendizaje, metadatos, repositorio, ISDOA

ABSTRACT:

This paper discusses the issue of Software Engineering in the Development of Virtual Learning Objects. Taking the Virtual Learning Object (OVA) as educational software, its construction requires software engineering to reach quality results. Also it is separated from traditional software development because it is oriented to an educational environment and presents the need for additional techniques and resources. We present a new methodology based on software engineering for the development of reusable educational resources in online learning environments and their storage conditions in digital repositories.

Keywords: Software Engineering, Virtual Learning Object, metadata, SEDLO

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

1. Introducción

Dentro de la nueva perspectiva de la enseñanza centrada en el aprendizaje en los entornos de formación on-line, el concepto de objeto virtual de aprendizaje (OVA) juega un papel importante en la construcción y distribución personalizada de contenidos, así como la reutilización de los mismos en nuevos contextos [1].

El concepto de OVA fue introducido en 1997 por L' Allier [2] y se refiere a aquellos recursos digitales que apoyan la educación y pueden reutilizarse constantemente. Se dice que es la mínima estructura independiente que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje y un mecanismo de evaluación. Dada la definición de L'Allier, en algún momento se les ha comparado con átomos, ya que parten de la filosofía de reducir un concepto, a su mínima expresión. Así, al unir diferentes átomos se obtienen moléculas, y al unir diversos OVA se generan lecciones, unidades, temas e incluso cursos [3].

Una de las mayores dificultades en la construcción de los OVA, es la tendencia a la disociación con la Ingeniería del Software (IS) originada generalmente porque los proyectos son liderados por profesionales que enfatizan más en el producto que en el método. Como resultado, las soluciones quedan expuestas al ensayo y error, es decir, a veces, sin necesidad de una metodología rigurosa se alcanzan soluciones de alta calidad, pero también es probable que se propongan objetos que difícilmente son incorporados a los procesos de aprendizaje, porque no llenan las expectativas de los profesores y de los estudiantes [4].

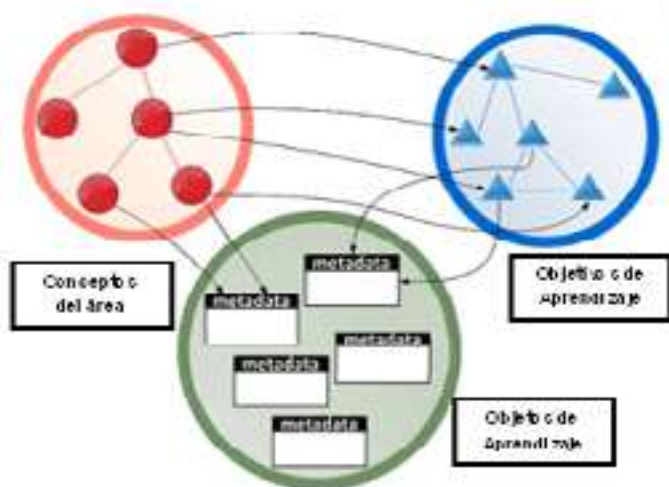


Figura 1 Estructura de un Objeto Virtual de Aprendizaje

2. Estructura de un Objeto Virtual de Aprendizaje

Muchos investigadores trataron de abordar la estructura de un OVA, desde una perspectiva educativa, mediante la determinación de los elementos que lo componen. En particular, según Metros [5] un recurso digital, para ser considerado como OVA, debe incluir: 1) un objetivo de aprendizaje, 2) una actividad práctica, y 3) una evaluación.

Una definición similar es proporcionada por Mortimer [6], quien sostiene que un OVA debe incluir metadatos, un objetivo de aprendizaje, contenido, así como las actividades y evaluaciones que apoyan al objetivo especificado. Otro enfoque para la estructura de un OVA es el propuesto por A. Gallenson et. al [7], en donde un OVA se centra en el apoyo a un objetivo de aprendizaje específico, es descrito por los metadatos y puede contener oportunidades para la práctica, la simulación, la interacción colaborativa, evaluación y recursos educativos.

El denominador común, entre las observaciones anteriores, es que un OVA debe tener contenido educativo, estar asociado con los objetivos de aprendizaje y las necesidades que se describen mediante un conjunto apropiado de metadatos [6]. En la Figura 1 se ilustra la estructura de un OVA.

2.1 Metadatos

Literalmente un metadato es un dato que describe a otro dato; información acerca de un objeto. Sin embargo, el objetivo de los metadatos no es sólo proporcionar una descripción sobre un conjunto de datos sino permitir el descubrimiento de los objetos, idea que más tarde, Greenberg [8] generaliza y en la que describe a los metadatos como una función facilitadora.

Los metadatos deben apoyar las actividades y el comportamiento del objeto, al permitir no solamente su descubrimiento sino también la aplicación del mismo. Respecto a los objetos de aprendizaje, la función principal es apoyar el aprendizaje. En este caso los metadatos son los facilitadores de este aprendizaje.

En segundo lugar, los metadatos se definen como datos estructurados. Generalmente, los metadatos se clasifican en las siguientes categorías: metadatos descriptivos, metadatos estructurales y metadatos administrativos [9].

3. Ingeniería de Software en un Objeto Virtual de Aprendizaje

La construcción de software es el evento fundamental de la ingeniería de software (IS). Los programadores trabajan construyendo e integrando programas a través de técnicas de codificación, validación y pruebas, pero es de carácter esencial no minimizar fases tan cruciales como la planeación del proyecto, el análisis de requerimientos, el diseño y la gestión de la calidad [10].

Según Thayer [11], la IS es la aplicación sistemática de métodos, herramientas y técnicas para cumplir con el requisito u objetivo establecido para un efectivo y eficiente software. En el caso del software educativo igualmente deben tenerse en cuenta estas consideraciones. Pues como en todo proyecto de software, el ciclo de vida consiste en convertir los requerimientos planteados por los usuarios en un producto de software con funcionalidades específicas en un contexto de uso específico [10].

La IS de los OVA se define como el estudio de los conceptos, métodos, modelos, técnicas y herramientas para facilitar el análisis, diseño, producción, implementación, evaluación y prueba de productos de software destinado a mejorar procesos de aprendizaje. Dicho software precisa de una estrecha relación de cooperación y conjunción de conceptos entre la práctica docente, la didáctica y la IS [10].

4. Metodología propuesta

Se propone una metodología basada en la Ingeniería del Software para Desarrollar Objetos Virtuales de Aprendizaje (ISDOA) por ser una técnica que contempla la calidad del Software, y que acopla los conceptos de IS en el desarrollo de OVA. Además, permite que la parte pedagógica se encuentre inmersa en todo el ciclo de vida del OVA. Otra ventaja que se consigue al implementar ISDOA es facilitar el desarrollo por incrementos (cada incremento libera parte de la funcionalidad requerida), permitiendo obtener resultados visibles en todo el proceso. El método propuesto, ISDOA difiere de otras propuestas por ser una metodología que se soporta en dos pilares, el plan de pruebas y evaluación de la calidad. Esta propuesta considera que los dos pilares anteriores deben ejecutarse en todas sus fases, con la finalidad de validar y verificar constantemente el producto y obtener un resultado final de mejor calidad. En la Figura 2 se describen las etapas de esta nueva técnica.

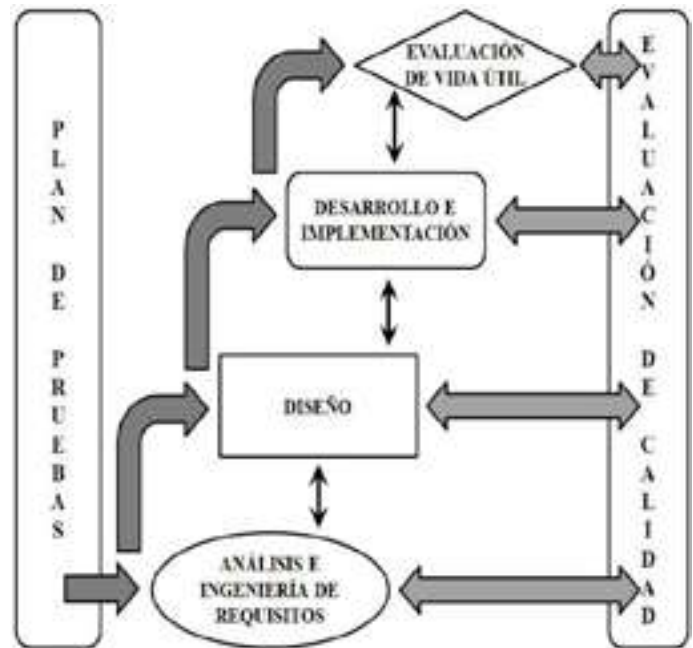


Figura 2 Metodología basada en Ingeniería del Software para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje propuesta

A continuación se describen las fases de la metodología ISDOA, las cuales han sido definidas por E. Serna et. al [12].

4.1 Análisis e Ingeniería de Requisitos

En esta fase se especifican los requisitos funcionales y no funcionales del OVA y se realizan fundamentalmente dos actividades:

Análisis y comprensión del problema. En esta actividad se debe comprender el problema para el cual se diseña el OVA. Los pasos para lograrlo son: 1) identificar docentes, con experiencia y formación en el contexto del problema, con la finalidad de entablar diálogos acerca de los contenidos, autoevaluación, dificultades formativas; y así determinar los estilos de aprendizaje y estructurar la didáctica del objeto; 2) definir el público objetivo, las áreas temáticas y sus dificultades formativas, para estructurar el objeto de acuerdo con sus intencionalidades e intereses formativos; 3) diseñar la estructura didáctica del OVA, con base en los contenidos y los estilos de aprendizaje y 4) seleccionar los contenidos, de acuerdo con los especialistas, los objetivos de aprendizaje y las dificultades formativas identificadas [12].

Ingeniería de Requisitos. En términos generales, la ingeniería de requisitos envuelve todas las actividades del ciclo de vida dedicadas a la licitación, el análisis, la especifica-

ción, la negociación para derivar requisitos adicionales y la validación de los requisitos especificados [12].

Las dos actividades anteriores permiten crear el entorno base para comprender el problema y la especificación de los requisitos que se utilizarán en la siguiente fase de ISDOA. La clave es diseñar casos de uso dinámicos [13] y especificar los requisitos lo más formalmente posible [14].

4.2. Diseño

La etapa del diseño consiste en el modelado arquitectónico del OVA, con base en los requerimientos de aprendizaje y los elementos pedagógicos y didácticos, definidos en la fase de Análisis e Ingeniería de Requisitos; comprende las siguientes actividades:

- Diseñar el problema
- Modelar la solución
- Diseñar prototipos
- Evaluar prototipos
- Definir patrón de arquitectura y metadatos
- Determinar derechos de autor.

Además, se tiene como producto:

- Arquitectura de software
- Prototipo no funcional
- Patrón de arquitectura y metadatos
- Objeto funcional

4.3 Desarrollo e Implementación

En esta fase se desarrolla el diseño especificado y se implementa en el contexto que se determinó en la primera fase. Después, se selecciona una herramienta compatible con los requisitos especificados para su desarrollo; se definen las herramientas de desarrollo respecto al entorno gráfico, el lenguaje de programación, la base de datos, los ambientes multimedia, entre otros, que deben funcionar en cualquier dispositivo para aprendizaje.

Posteriormente, se llevan a cabo las actividades de la verificación de la compatibilidad de los requisitos en hardware y en software mediante escenarios de pruebas funcionales y la validación del objeto en los diferentes contextos de software y de hardware que satisfacen las especificaciones mínimas definidas en la primera fase de ISDOA, con

el objetivo de analizar su comportamiento y para verificar su arquitectura neutra, es decir, que la funcionalidad del objeto no se vea afectada por las diferentes características del sistema del contexto, como los sistemas operativos, los navegadores, las herramientas de auditoria, entre otras.

La calidad del OVA, como producto formativo, se evalúa desde las perspectivas pedagógica y didáctica, para lo cual existen propuestas como la evaluación mediante grupos experimentales y de control [15], [16] y la realización de encuestas a profesores o instructores.

Desde ISDOA se propone un mecanismo apoyado en TIC y orientado al usuario final [17], que consiste en incluir una encuesta en el mismo objeto para que los usuarios, a través de respuestas a preguntas simples, valoren aspectos como diseño, usabilidad, pedagogía y didáctica, entre otros. Posteriormente, se selecciona el repositorio para almacenar el objeto.

4.4 Evaluación de Vida Útil

En la Tabla 1 se describen los indicadores que permitirán tomar una decisión respecto a la vida útil del OVA.

4.5 Plan de Pruebas

Para la Verificación y Validación funcional y estructural de la metodología propuesta en este trabajo se propone un plan de pruebas para desarrollar paralelamente junto al ciclo de vida y de forma incremental. Cada una de estas actividades se ejecuta sobre el sub-producto derivado de cada fase del ciclo de vida y, dado que los OVA tienen naturaleza y competencias y objetivos formativos diferentes, el probador puede decidir entre utilizar la Verificación y Validación completa o parcial, las pruebas de unidad o las integrales, las funcionales o las estructurales. Esta decisión también depende del perfil del público objetivo. En concreto, se realizarán las actividades que se muestran en la Figura 3.



Figura 3. Actividades del Plan de Pruebas

Motivos para actualizar el OVA	Motivos para retirar el OVA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Surgen nuevas teorías que sustentan el área de formación. ▪ Cambian las dificultades formativas del público objetivo. ▪ Aparecen nuevas exigencias en software o en hardware. ▪ Es necesario actualizar la arquitectura de software. ▪ Cambian las competencias formativas. ▪ Cambia el público objetivo ▪ Se produce nuevo conocimiento en la temática que cubre ▪ Surgen nuevas normas o reglamentaciones. ▪ Surgen nuevas temáticas en el área que cubre. ▪ Lo proponen los expertos o los especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El área de formación ya no es importante. ▪ El público objetivo ya no tiene la dificultad formativa. ▪ El software y el hardware necesario ya son obsoletos. ▪ La arquitectura de software se vuelve obsoleta. ▪ Surgen nuevas competencias formativas. ▪ No se alcanzan las competencias formativas. ▪ La actualización del conocimiento en la temática es alta. ▪ Es más eficiente un nuevo producto comercial ▪ El área de formación se fusiona con otras más recientes ▪ Lo proponen los expertos o los especialistas

Tabla 1 Indicadores para la Evaluación de la Vida Útil de un OVA

4.6 Evaluación de la calidad

En ISDOA se propone la evaluación de la calidad como una fase paralela al ciclo de vida del OVA. Para que esto sea posible, se aplican y desarrollan las especificaciones y los estándares, de tal forma que permitan la interoperabilidad de los objetos en diversas plataformas. La propuesta neutral de evaluación de calidad que propone ISDOA se muestra en la Figura 4.

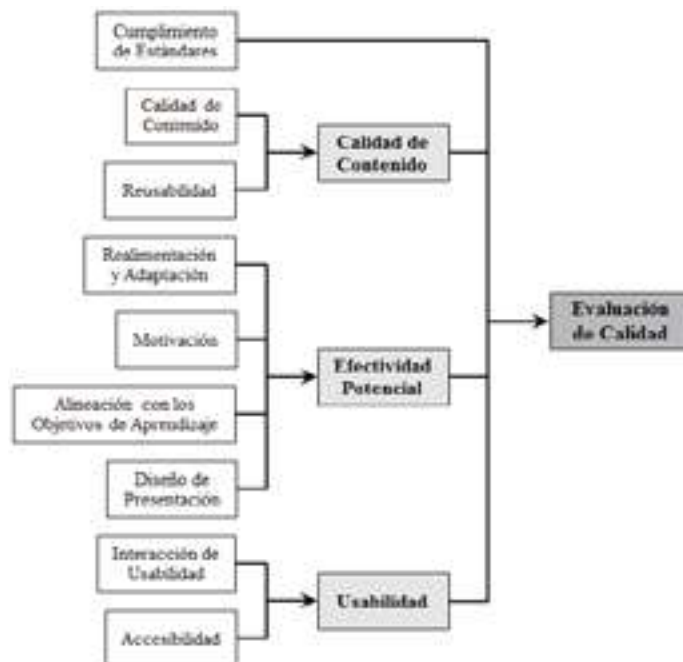


Figura 4 Evaluación de la calidad para OVA

5. Experimentación

Se aplicó la metodología ISDOA en la creación del OVA “Ensamblaje de un computador de escritorio”. A continuación, se detalla el proceso de desarrollo.

5.1 Análisis e Ingeniería de Requisitos

Se definió el grupo de trabajo para el desarrollo del OVA, el mismo que fue integrado por: la Ing. Pilar Urrutia, guía docente; el Ing. Alex Paucar y el Ing. Alex Sevilla, parte tecnológica. El grupo de trabajo optó por desarrollar un OVA que facilite la enseñanza de la asignatura “Arquitectura de Computadores”; asignatura que se imparte al tercer nivel de la carrera de Sistemas, de la Universidad Técnica de Ambato.

Uno de los temas que se trata en dicha asignatura es “Ensamblaje de computadoras”, y la metodología de enseñanza consiste en impartir el conocimiento teórico como primer paso para posteriormente con esos conocimientos proceder a ensamblar el computador en un ambiente real.

En ese intercambio entre la parte teórica y el ensamblaje en un escenario real se logró determinar que el estudiante no se encontraba lo suficientemente preparado para dicho cambio, por lo que se determinó la necesidad de desarrollar un OVA que permita aliviar ese intercambio a través de la simulación de un ambiente real.

Como resultado de esta fase se obtuvo el documento de especificación de requerimientos del OVA, a continuación se lo detalla:

En la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, carrera de Sistemas, en el tercer semestre, se está teniendo dificultades con los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura “Arquitectura de computadores”, concretamente sobre el tema “Ensamblaje de un computador” y se vio la necesidad de desarrollar un OVA que cumpla con los siguientes requerimientos:

El OVA deberá:

- Contar con piezas en 3 dimensiones de todos los componentes hardware de un computador de escritorio, como: componentes internos del CPU (placa base, procesador, módulos RAM, fuente de poder, tarjeta de red, tarjeta de video, disco duro y lector DVD), monitor, mouse y teclado.
- Simular un ensamblaje de cada uno de los componentes creados.
- Presentar una breve descripción del componente al dar clic en el mismo.
- Mostrar instrucciones paso a paso de cómo se está realizando el ensamblaje de la PC.
- Contener formularios de evaluación con preguntas sobre el tema. Dichas preguntas serán: verdadero o falso, cerradas, si o no, y selección múltiple.
- Ser un aplicativo web, es decir, se podrá abrirlo (ejecutarlo) en un explorador web.

La información referente a la descripción de cada componente y el cuestionario de evaluación será proporcionada por la docente integrante del grupo de trabajo.

5.2 Diseño

Se modeló la solución, es decir, se diseñó la funcionalidad del OVA con la ayuda de un lenguaje de modelado de software denominado UML (Unified Modeling Language). UML es un lenguaje de modelado de aplicaciones software que ayuda a especificar, visualizar y documentar esquemas de sistemas de software, incluyendo su estructura y diseño, de manera que cumpla con todos los requisitos [18].

Con la finalidad de obtener la arquitectura del software, UML ofrece algunos diagramas, para este fin se utilizó el diagrama de casos de uso y de actividades.

En la figura 5 se puede observar el diagrama de caso de uso de uno de los procesos que se lleva a cabo en el OVA, el proceso de evaluación al estudiante.

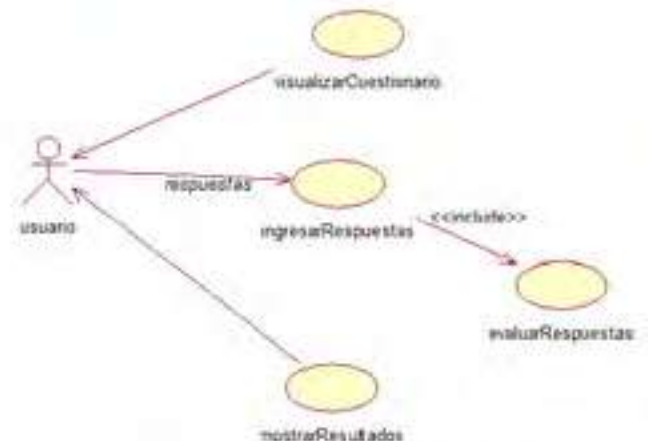


Figura 5. Diagrama UML de casos de uso

En la figura 6, se describe las actividades del caso de uso “ingresar respuestas” con el diagrama de actividades de UML.

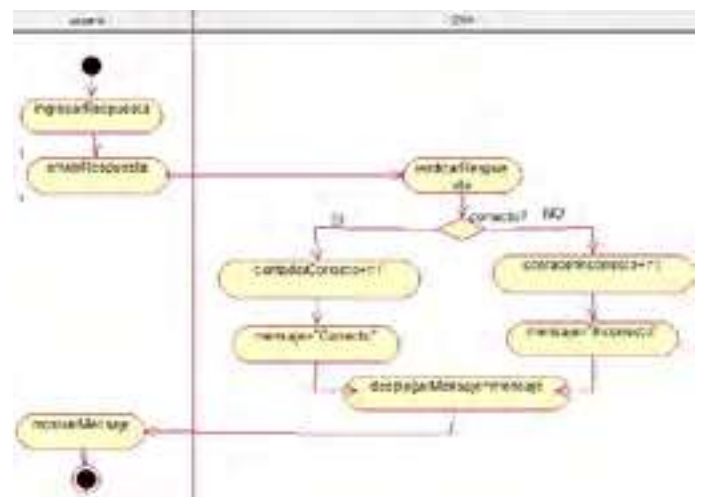


Figura 6. Diagrama UML de actividades

5.3 Desarrollo e implementación

En esta fase se definió las herramientas para implementar el OVA. Uno de los requerimientos del OVA es contar con animación 3D y para eso se seleccionó el software SolidWorks, el mismo que permite crear componentes, simular ensamblajes y crear animaciones, todo en 3 dimensiones. En la figura 7, se muestra un componente creado con SolidWorks.

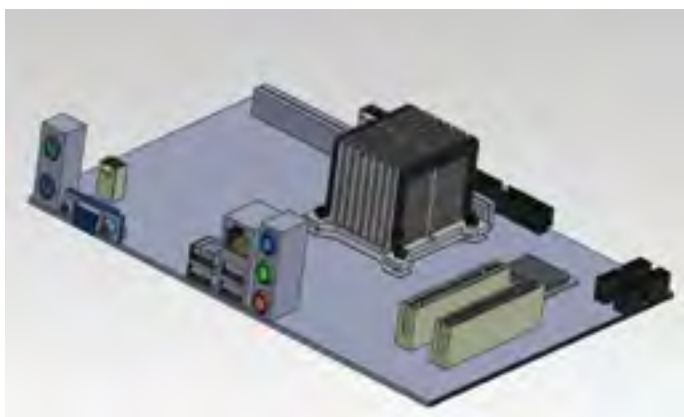


Figura 7. Componente creado con SolidWorks

Otro de los requerimientos establecidos para el OVA es que sea un aplicativo web, y para cumplirlo se optó por integrar las piezas, ensamblajes y animaciones creadas en SolidWorks con HTML5.

La metodología ISDOA propone que se aplique un plan de pruebas en cada una de las fases de desarrollo del OVA. Actualmente el OVA se encuentra en el plan de pruebas de la fase de desarrollo e implementación para su posterior aceptación. Podemos concluir que aplicando la metodología ISDOA se llegó a una solución más óptima en el desarrollo del OVA creado.

6. Conclusiones

La aplicación de la ingeniería de software en el desarrollo de los OVA involucra un gran esfuerzo, pero su aporte permite lograr en gran manera la creación de objetos que cumplen con las necesidades y expectativas por el cual fueron desarrollados.

La metodología ISDOA se destaca de las otras propuestas, por sus dos pilares fundamentales, el plan de pruebas y evaluación de la calidad. Dichos pilares permiten obtener mejores resultados mediante una evaluación constante del producto en todo su ciclo de vida.

ISDOA permite un trabajo conjunto en el desarrollo de los OVAS, la parte tecnológica y educacional están fuertemente ligadas en todo el proceso.

Referencias

- [1]. E. Moral and D. A. Cernea, "Diseñando Objetos de Aprendizaje como facilitadores de la construcción del conocimiento," Proceedings of II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables, SPDECE 2005, 19-21 Oct 2005, Barcelona, España. Available: UOC, <http://www.uoc.edu/symposia/spdece05/pdf/ID16.pdf>. [Accessed: 17 Jul. 2013].
- [2]. J. J. L'Allier, "NETg's Map to Its Products, Their Structures and Core Beliefs," NETg Whitepaper, 1997. [Online]. Available: <http://web.archive.org/web/20020615192443/www.netg.com/research/whitepapers/frameref.asp> [Accessed: 17 Jul. 2013].
- [3]. L. E. Vázquez, "LCMS Y OBJETOS DE APRENDIZAJE," Revista Digital Universitaria, vol.5, pp. 2-9, Nov 2004.
- [4]. E. Parra, "Methodology Proposal of Software Development for Virtual Learning Objects - MESOVA -," Revista Virtual Universidad Católica del Norte, vol.1, pp.113-137, Sep/Dec 2011.
- [5]. S. E. Metros, "Learning Objects: A Rose by Any Other Name...," EDUCAUSE Review, vol. 40, pp. 12-13, Jul/Aug 2005.
- [6]. G. Nikolopoulos, G. Solomou, C. Pierrakeas and A.

- Kameas, "Modeling the characteristics of a learning object for use within e-learning applications," Proceedings of the Fifth Balkan Conference in Informatics, BCI 2012, 16-20 Sept 2012, Novi Sad, Serbia. Available: ACM, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2371338>. [Accessed: 17 Jul. 2013].
- [7]. A. Gallenson, J. Heins and T. Heins, "Macromedia MX: Creating Learning Objects," Macromedia White Paper, 2002. [Online] Available: http://download.macromedia.com/pub/elearning/objects/mx_creating_lo.pdf. [Accessed: 20 Jul. 2013].
- [8]. J. Greenberg, "Metadata and the World Wide Web," in Encyclopedia of Library and Information Science, 2002, pp. 1876-1888. [E-book]. Available <http://www.ils.unc.edu/mrc/pdf/greenberg03metadata.pdf>. [Accessed: 21 Jul. 2013].
- [9]. National Information Standards Organization, "Understanding metadata," 2004. [Online]. Available: <http://www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf>. [Accessed: 21 Jul. 2013].
- [10]. J. Sierra, "Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato," Premios Nacionales de Investigación Educativa 2004, pp. 334-371, 2004.
- [11]. R.H. Thayer, "Software System Engineering: A Tutorial," Software Engineering Volume 1: The Development Process, 2nd ed., R.H. Thayer and M. Dorfman, eds., IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 2002, pp. 97-116.
- [12]. E. Serna, C. Castro and T. Botero, "SEDLO: software engineering for developing learning objects," Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, EATIS 2012, 23-25 May 2012, Valencia, Spain. Available: ACM, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2261605.2261658&coll=DL&dl=ACM&CFID=235692483&CFTOKEN=65203704>, doi. 10.1145/2261605.2261658
- [13]. E. M. Serna, "Análisis y comparación de las propuestas recientes para diseñar casos de prueba desde los casos de uso orientados a verificar los aspectos funcionales del software," M.S. thesis, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia, 2012.
- [14]. M. E. Serna, Management requirements engineering using a semi-formal model. In press, 2011.
- [15]. S. O. Jardey, "Diseño, desarrollo e implementación de objetos pedagógicos virtuales de aprendizaje en el marco de proyectos pedagógicos de aula," Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias, pp. 24 - 28, 2006.
- [16]. G. J. Astudillo and, P. A. Willging, "Uso de Repositorios de Objetos de Aprendizaje de Libre Acceso," Virtual educa, 2009.
- [17]. J. J. Domínguez, "Diseño e implementación de un objeto virtual de aprendizaje para la introducción a la programación de computadores," Proceedings of IV Congreso Online del Observatorio para la Cibersociedad, 12-29 Nov 2009, España.
- [18]. J. Rumbaugh, I. Jacobson and G. Booch, "El lenguaje Unificado de Modelado," Pearson, 2000.

CONTROL VIRTUAL DE UN COMPUTADOR MEDIANTE EL SENSOR KINECT

Cristian Gallardo¹, Jaime Santana¹, Renato Toasa¹, Johana Villacrés¹, Jessica S. Ortiz^{1,2}, Paúl Romero² y Víctor H. Andaluz¹

¹Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador
victorhandaluz@uta.edu.ec

RESUMEN:

Este trabajo presenta la interacción entre el Sensor Kinect y un computador, permitiendo al usuario controlar programas de Windows por medio de gestos, sin necesidad de usar un dispositivo, donde “el control eres tú”. Para el desarrollo del presente trabajo se realiza el rastreo de ciertas partes del cuerpo permitiendo al usuario manipular el ordenador dependiendo de sus necesidades. En esta aplicación se utiliza dos funcionalidades del sensor Kinect; la cámara de profundidad y skeleton tracking, esto se efectuó utilizando una programación orientada a objetos en Visual Studio 2010 (C#, WPF). Se realizó pruebas experimentales en las cuales se comprobó el desempeño de la propuesta.

Palabras clave: Sensor Kinect, skeleton tracking, programación orientada a objetos.

ABSTRACT:

This work presents the interaction between the Kinect Sensor and a computer, allowing the user to control Windows programs through gestures without using any devices, where “you are the control”. For the development of this work certain body parts were tracked which allows the user to manipulate the computer depending on their needs. Two of the functionalities of the Kinect sensor are used in this application; the depth camera and skeleton tracking. This was done using Visual Studio 2010 (C#, WPF) object oriented programming. Experimental tests were done with which the performance of the proposal was validated.

Keywords: Kinect sensor, skeleton tracking, object oriented programming

1. Introducción /

El sensor Kinect es un dispositivo creado por Microsoft para la consola de videojuegos XBOX 360, ha traspasado las fronteras del mundo del ocio y se ha convertido en una potente plataforma de desarrollo, a un coste más que razonable [1]. Kinect hoy en día nos permite controlar e interactuar con la computadora mediante el reconocimiento de gestos, voz, objetos e imágenes. Cuenta con una base giratoria motorizada, cuatro micrófonos que reconocen voces por separado, tres cámaras con sensor de movimiento (cámara de captación de movimiento VGA y doble cámara de profundidad 3D) [2].

La cámara de profundidad captura los datos de profundidad a fondo, sirve para saber cuán lejos se encuentra un píxel del sensor para calcular la distancia a partir de esos datos [3]. La misma se puede usar con la opción de sólo profundidad o profundidad con índice de jugador.



Figura 1. Sensor Kinect

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

Para lograr la interacción con el computador, se necesita ciertas librerías que nos ofrece el SDK de Kinect para Windows, este incluye drivers, audio, API para el sensor y seguimiento del movimiento humano [4]. El SDK es un conjunto de herramientas de desarrollo de software que permite al programador crear aplicaciones para un sistema concreto [5].

En la actualidad existe un gran interés en la comunidad científica para la utilización del sensor Kinect, utilizándolo en áreas como: robótica [6, 7,8], procesamiento de imágenes [9, 10, 11], educación y aprendizaje [12, 13], etc.

Con el desarrollo de la computación y la invención de nuevas tecnologías, se inició el estudio de la captura de movimiento de individuos utilizando técnicas de visión por computadora [14]. Es utilizada para un gran número de aplicaciones, entre ellas tenemos: vigilancia inteligente, realidad virtual, interpolación de vistas, análisis de movimiento, reconocimiento.

La manipulación virtual de un computador permite realizar una interacción directa entre el computador y el usuario, ya que se puede manejar un ordenador a distancia como si se estuviera delante del mismo, según sea nuestra necesidad. Los componentes para la manipulación virtual de un computador son: interacción, simulación y percepción; lo que es aplicado en varias áreas como: medicina, educación, defensa, arquitectura, marketing, entretenimiento, robótica [15].

Los trabajos previos que se ejecutaron y de los cuales se partió para realizar el presente trabajo son: Microsoft presenta un prototipo de escritorio interactivo 3D con pantalla transparente OLED y Kinect, aplicación que permite a los usuarios manipular con sus manos el escritorio virtual en tiempo real [16]. Sistema de reconocimiento de los gestos de las manos usando mapa de profundidad, trabajo que presenta un nuevo método para reconocer los gestos de las manos [17].

En este trabajo se propone el diseño de una aplicación orientada al control y monitoreo virtual de un ordenador por medio del sensor Kinect.

El esquema de control multi-capas propuesto está principalmente dividido en cuatro módulos: 1) el módulo superior es el encargado de inicializar el Kinect e identificar al usua-

rio; 2) el siguiente el módulo de detección de movimientos es el responsable capturar los movimientos del usuario y generar los comandos necesarios para el control de las distintas aplicaciones; 3) el módulo de aplicaciones está representados por todas las aplicaciones que se desea controlar y monitorear; 4) finalmente el módulo de interacción virtual es el encargado de controlar en ordenador.

El documento se encuentra dividido en 6 secciones, incluida la introducción. La sección 2 incluye el esquema de programación. La sección 3 comprende skeleton tracking y captura de movimientos. La sección 4 incluye el diseño del trabajo. La sección 5 contiene los resultados experimentales obtenidos con el desarrollo del trabajo y finalmente las conclusiones del trabajo se presentan en la sección 6.

2. Esquema de Programación /

La figura 3, muestra el esquema de control considerado en este trabajo para el monitoreo y control virtual de un computador por medio del sensor Kinect.

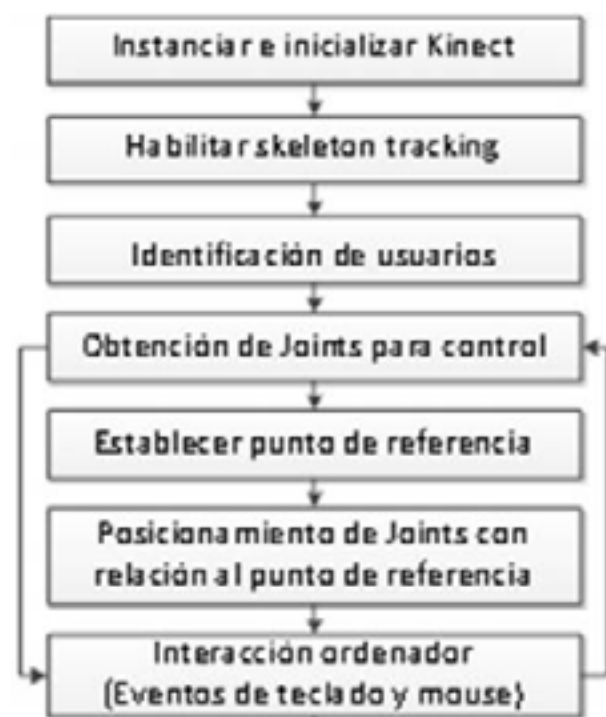


Figura 2. Esquema aplicado

Instanciar e iniciar el Kinect, responsable de asignar al sensor Kinect una variable en la aplicación. En la que se obtiene la información de las 3 cámaras que dispone el sensor.

Habilitar skeleton tracking, responsable de configurar a la variable declarada anteriormente para que regrese información de los Joints del skeleton.

Identificación de usuarios, en esta sección se realiza un control para capturar al individuo que se encuentre más cerca del kinect.

Obtención de Joints para control, responsable de que a partir de la información devuelta en los Joints asignar a variables locales que guardarán las coordenadas de cada punto. Establecer puntos de Referencia, en esta sección se realiza el cálculo con las coordenadas de los Joints para definir el punto desde donde se referenciará los movimientos del cuerpo.

Posicionamiento de Joints en relación al punto de Referencia, es responsable de obtener los puntos del cuerpo con los que se trabaja y se obtiene las coordenadas en las que se acotan en los planos x, y, z en relación al punto anterior con eso se calcula el punto de referencia.

Interacción Ordenador (Eventos teclado y mouse,) se envía la información al ordenador sobre los movimientos que realiza el usuario.

3. Captura de Movimientos y Skeleton Tracking /

A. Captura de Movimientos

En [18] se define como: proceso que consiste en traducir movimientos reales a representaciones digitales y se logra mediante el seguimiento de un conjunto de puntos de interés en una escena por un tiempo determinado.

La captura de movimiento se puede realizar sobre cualquier actor que posea movimiento.

Para realizar el seguimiento del actor, se define un conjunto de puntos de interés sobre el mismo, los cuales se localizan en áreas de éste que posean mayor información sobre sus movimientos. Estos puntos corresponden a articulaciones del cuerpo [19].

La siguiente imagen muestra la forma en que reconoce y captura el sensor Kinect a la persona.



Figura 3. Forma de capturar la imagen con Kinect

A continuación se explicará la imagen anterior:

1. Un foco de luz ilumina al sujeto que refleja el haz al sensor. El rebote de un haz de láser permite que la cámara capte cuanto se separa, a esto se le llama "campo de profundidad".
 2. El sensor del chip calcula la distancia a partir del tiempo de salida y llegada a la luz en cada pixel. El Kinect recibe el haz de luz como infrarrojos que varía en mayor o menor grado de color. De esta manera los cuerpos aparecen de color rojo, verde y los cuerpos más lejanos aparecen en gris.
 3. Un software de imagen basado en un mapa de profundidad percibe e identifica los objetos en tiempo real; debe tomar la imagen y lo ejecuta a través de una serie de filtros para que reconozca si es o no una persona.
 4. El dispositivo final reacciona a la señal. Ya que está ordenada la información, convierte la identificación de las partes del cuerpo en un esqueleto en movimiento.
- B. Skeleton Tracking

Es una colección de Joints del cuerpo humano; para obtener las diferentes partes del cuerpo se aplica un algoritmo de búsqueda. Un Joint es un tipo de dato que devuelve el sensor Kinect con la información de los puntos de cuerpo.

Para el desarrollo de esta aplicación se realizaron las siguientes tareas:

Medir la longitud de los puntos del brazo, esto se hace mediante el cálculo de la distancia desde el hombro hasta el codo, a continuación a la muñeca, y, finalmente, a la mano. También se hace un cálculo desde el hombro hacia la cintura.

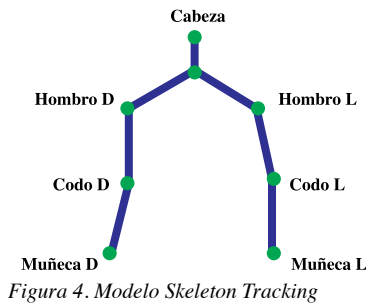


Figura 4. Modelo Skeleton Tracking

- Tercero, se comprueba que la altura de la mano derecha esté en el intervalo de 30 a 50 cm por debajo de la cabeza en el eje Y
- Por último, si las 3 condiciones anteriores se cumplen significa que la mano está en la posición esperada y realizamos la acción deseada.

B. Código del programa

El siguiente segmento muestra el código básico para empezar a trabajar con el sensor Kinect desde C#.

```
//Se importa la clase a nuestra aplicación;
using Microsoft.Kinect;
//Se agrega a la clase un método que inicialice el sensor
public void inicializarKinect()
{
    //Instancia el primer sensor Kinect conectado
    sensor = KinectSensor.KinectSensors.FirstOrDefault();
    // Método que Inicializa y configura el seguimiento de esqueleto
    configTraqueoSkeleton();
    //Iniciar sensor Kinect
    sensor.Start();
}
```

En el siguiente fragmento de código se realiza skeleton tracking mediante la función EventHandler de Windows.

```
void configTraqueoSkeleton()
{
    //Manejador para evento de seguimiento de esqueleto
    sensor.SkeletonFrameReady += new EventHandler<SkeletonFrameReadyEventArgs>(sensor_SkeletonFrameReady);
    //Activar seguimiento de esqueleto
    sensor.SkeletonStream.Enable();
}
void sensor_SkeletonFrameReady(object sender, SkeletonFrameReadyEventArgs e)
{
    //Obtención del skeleton con el cual se quiera trabajar
    if (skeleton.TrackingState == SkeletonTrackingState.Tracked)
    {
        var head = skeleton.Joints[JointType.Head];
        var rightHand = skeleton.Joints[JointType.HandRight];
        //Enviamos a la función que procese los datos de los puntos obtenidos
        operacionesControl(head, rightHand);
    }
}
```

También se utiliza la función SendKeys para enviar pulsaciones y combinaciones de teclas a una aplicación activa, se puede especificar con una sola tecla o una combinación de teclas por ejemplo: ALT, CTRL o MAYÚS (o cualquier

4. Diseño de Control

En esta sección se lo ha dividido en dos subsecciones: a) flujograma para el proceso de reconocimiento del movimiento del cuerpo humano, b) código del programa, donde se muestra los métodos más relevantes que se utiliza en el desarrollo de esta aplicación.

A. Flujo de proceso de Reconocimiento

Para esta subsección se ha empleado el siguiente algoritmo de control, basado en el Skeleton Tracking.

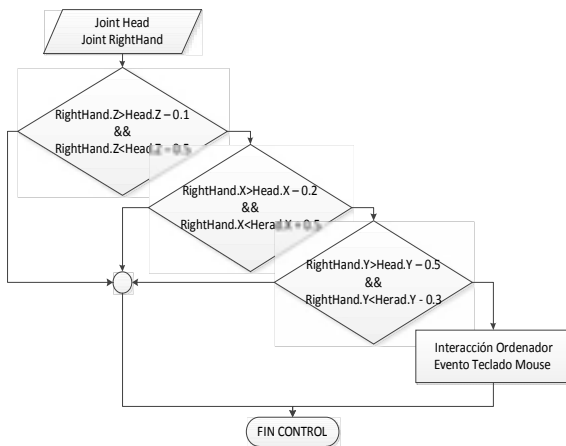


Figura 5. Proceso de reconocimiento

La gráfica expuesta anteriormente básicamente lo que hace es:

- Recibir los Joints de la cabeza y de la mano derecha y luego proceder a comprobar en los ejes X, Y, y Z la distancia de la mano en relación a la cabeza.
- Primero se comprueba en Z la profundidad en la que debe rastrearse, dentro del intervalo de 10 a 50 centímetros delante.
- Segundo, se comprueba la ubicación en el eje X que la mano derecha está dentro del intervalo de 20 a 50 cm a la derecha de la cabeza.

combinación de las teclas). Cada tecla está representada por uno o más caracteres.

```
//Función de la API de Windows que permite interactuar con el teclado en el entorno de Windows
[DllImport("user32.dll", SetLastError = true)]

void keybd_event(byte bVk, byte bScan, uint dwFlags, UIntPtr dwExtraInfo);
//Constantes para el envío de teclas
const int KEYEVENTF_KEYDOWN = 0x0;
const int KEYEVENTF_KEYUP = 0x2;
const int KEYEVENTF_EXTENDEDKEY = 0x1;

//Envío de tecla hacia una aplicación
void enviarTecla(String letraHexa )
{
    keybd_event(letraHexa, 0x45, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY, (UIntPtr)0);
}
```

Para la interacción de la aplicación con el mouse se utiliza la función de la API de Windows.

```
[DllImport("user32.dll")]
void mouse_event(UInt32 dwFlags, UInt32 dx, UInt32 dy, UInt32 dwData, IntPtr dwExtraInfo);
//Constantes que identifican el evento del mouse
const UInt32 MOUSEEVENTF_LEFTDOWN = 0x0002;
const UInt32 MOUSEEVENTF_LEFTUP = 0x0004;
const UInt32 MOUSEEVENTF_RIGHTDOWN = 0x0008;
const UInt32 MOUSEEVENTF_RIGHTUP = 0x0010;
//Envío de evento del mouse hacia la aplicación
void SendEventClick()
{
    mouse_event(MOUSEEVENTF_LEFTDOWN, 0, 0, 0, new System.IntPtr());
}
//Movimiento del mouse, tomando como entrada las coordenadas devueltas por el Joint de la mano derecha
void MoverMouse(int x, int y)
{
    Cursor.Position = new Point(Cursor.Position.X+(x), Cursor.Position.Y + (y));
}
```

5. Resultados Experimentales

En esta sección se describen las aplicaciones controladas con el sensor Kinect.

A. PicLighter

La aplicación desarrollada ayuda a mover y realizar el zoom de una imagen seleccionada con el movimiento de las manos y brazos del usuario.

Con la mano derecha al frente se selecciona la imagen y se la mueve. Para realizar el Zoom de la imagen, se extiende las manos y se las separa, para alejar y para disminuir la imagen las manos se deben unir.

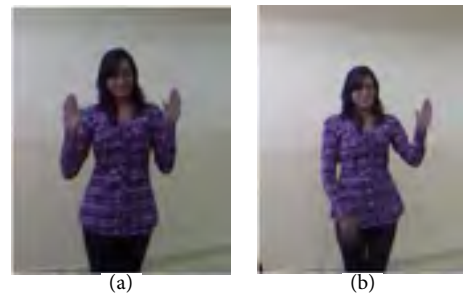


Figura 6. Zoom a la imagen (a) y (b) Mover imagen

B. Control de PowerPoint

Se realiza una aplicación para obtener el control total de PowerPoint. El usuario puede movilizarse en todas las diapositivas con el movimiento de las manos; para iniciar la presentación se levanta la mano derecha en su totalidad, para ir a la siguiente diapositiva se realiza un movimiento de la mano hacia la derecha, con el movimiento de la mano hacia la izquierda regresa una diapositiva y para finalizar la presentación se debe de levantar la mano izquierda en su totalidad. Para abrir otra presentación se coloca las manos al frente a nivel de la cintura deslizándolas hacia la izquierda, para tabular mano izquierda hacia adelante, para el control de las flechas realizamos movimientos de la mano derecha de arriba hacia abajo. El backspace (regresar) se realiza con la mano derecha hacia atrás.



Figura 8. Nueva presentación, Iniciar presentación, Sigüiente diapositiva



Figura 9. Resultados reales iniciando una presentación

C. NeedforSpeed

Se realizaron los controles necesarios para este juego, de tal modo que el usuario pueda jugar sin necesidad de utilizar el teclado, con el fin de simular que se está manejando un carro.

Paramovilzarse en el menú de opciones se lo realiza con el movimiento de la mano derecha de arriba-abajo, izquierda-derecha, para seleccionar una opción se coloca la mano derecha al nivel de la cintura hacia el frente. Si se desea acelerar se coloca el pie derecho adelante en manera de un paso, para retroceder el pie derecho atrás, para controlar el volante se hace una simulación como si estuviese manejando un vehículo en la realidad. Para salir del juego se levanta la mano izquierda, para regresar a un menú la mano derecha levantada.

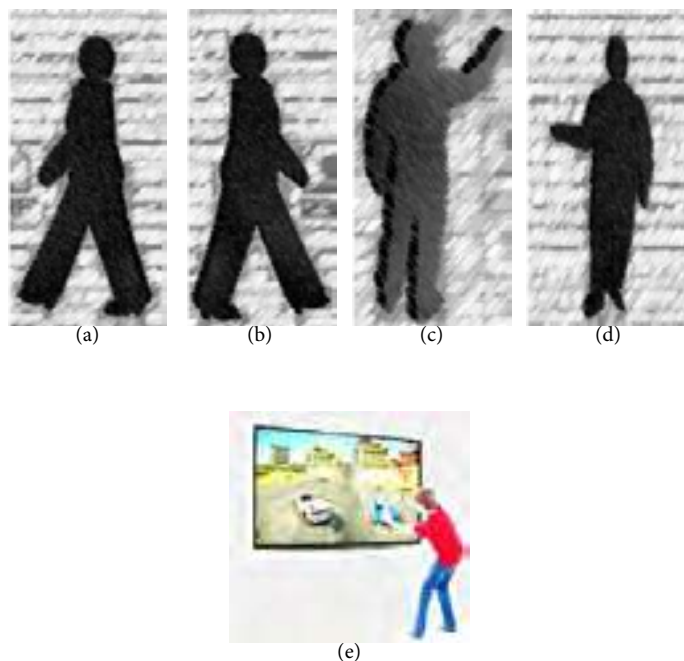


Figura 10. (a) Acelerar pie adelante, (b) Retroceder pie atrás, (c) Escape, (d) Seleccionar opción, (e) Control del volante.



Figura 11. Desplazamiento por el menú del juego (a) y (b) Jugando

D. Paint

Aplicación simple que nos permite dibujar, abrir una imagen y editarla.

Para controlar esta aplicación se debe de mover la mano derecha simulando que es el puntero de la aplicación. Para simular el clic izquierdo lo realizamos con la mano izquierda sosteniéndola a la altura del hombro y movilizándola para dibujar.

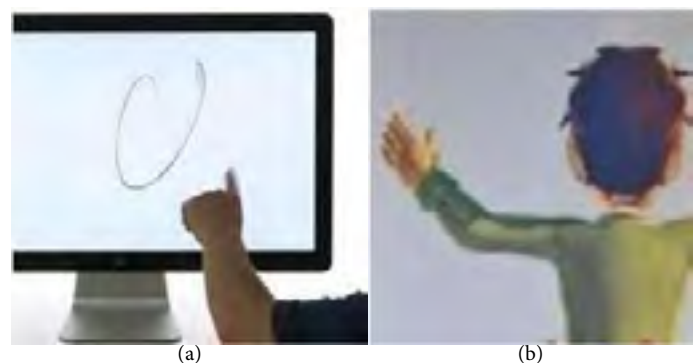


Figura 12. Simulando el movimiento del mouse (a) y (b) Clic izquierdo

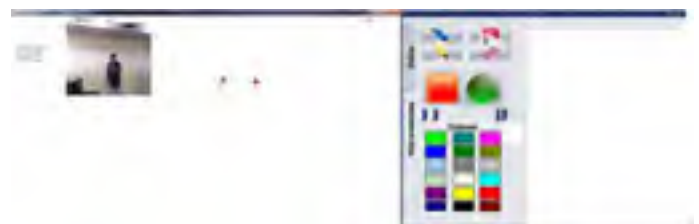


Figura 13. Manipulación de Paint

E. Control Media Center

Se realizó el control total de esta aplicación. Los controles que efectuados son: mover la mano derecha arriba-abajo y de derecha a izquierda para desplazarse entre las diferentes opciones del Media Center, para seleccionar una opción se coloca la mano a nivel de la cintura hacia el frente.



Figura 14. Movimiento de las manos arriba, abajo, izquierda, derecha (a) y (b) Seleccionar opción



Figura 15. Desplazándose por Windows Media Center

6. Conclusión

En este trabajo se consiguió el control y monitoreo de un computador con el sensor Kinect. Los resultados cualitativos de los experimentos preliminares demostraron que mediante gestos del cuerpo se logró controlar Windows.

Referencias

- [1] Microsoft. Introducción Kinect para Xbox 360. <http://www.xbox.com/kinect>, 2012.
- [2] Kinect, <http://www.vidaextra.com/juegos/accesorios/kinect>
- [3] Usar las cámaras de sensor Kinect, <http://blogs.msdn.com/b/esmsdn/archive/2011/07/20/retro-kinect-usar-las-c-225-maras-del-sensor.aspx>
- [4] SDK de Kinect para Windows, <http://www.genbeta.com/herramientas/el-sdk-de-kinect-para-windows-listo-para-descargar>
- [5] Kit de desarrollo de software. http://es.wikipedia.org/wiki/Kit_de_desarrollo_de_software, 2012
- [6] John Stowers, Michael Hayes and Andrew Bainbridge-Smith, "Altitude Control of a Quadrotor Helicopter Using Depth Map from Microsoft Kinect Sensor", Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Mechatronics, pp. 358-362, 2011, Turkey.
- [7] Patrick Benavidez, Mo Jamshidi, Lutch Brown, Endowed Chair, "Mobile Robot Navigation and Target Tracking System", Proc. Of the 2011 6th International Conference on System of Systems Engineering, pp. 299-304, 2011
- [8] N. Ganganath and H. Leung, "Mobile robot localization using odometry and kinect sensor", Department of Electrical and Computer Engineering Schulich School of Engineering, pp. 91-94, 2012
- [9] Valentino Frat, Domenico Prattichizzo, "Using Kinect for hand tracking and rendering in wearable haptics", pp. 317-321, 2011
- [10] K. K. Biswas, Saurav Kumar Basu, "Gesture Recognition using Microsoft Kinect", Proceedings of the 5th International Conference on Automation, Robotics and Application, pp. 100-103, 2011
- [11] Tarık Arıcı, İstanbul Şehir Üniversitesi, "Introduction to Programming with Kinect: Understanding Hand / Arm / Head Motion and Spoken Commands"
- [12] Empresa "Virtualware". <http://virtualwaregroup.com/unidades-de-negocio/educacion/educacion-con-kinect/>
- [13] Eadweard Muybridge. Muybridge's Complete human and animal locomotion: all 781 plates from the 1887 Animal locomotion / by Eadweard Muybridge ; introd. to the Dover edition by Anita Ventura Mozley. Dover Publications, New York, 1979.
- [14] Hui-mei Justina Hsu, "The Potential of Kinect as Interactive Educational Technology", pp. 334-338, 2011, Singapore
- [15] Digitalavmagazine, Microsoft presenta un prototipo de escritorio interactivo en 3D con pantalla transparente.

COMPORTAMIENTO EN FUSIBLES DE MEDIA TENSIÓN

Luis Pomaquero Moreno

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
luisapomaquero@uta.edu.ec

RESUMEN:

Este trabajo aborda la generación de un instrumento de medida utilizado para obtener las curvas características que soportan los fusibles al ser inyectados con corrientes de media potencia variadas. Para esto se construyó el instrumento físico así como la virtualización del mismo en conjunto con una tarjeta de adquisición de datos. Al comprobar las curvas de corriente dadas por los fabricantes, se evidenciará que dichos parámetros sean reales y efectivos. El consumidor (empresas industriales que trabajen con fusibles de media tensión), podrá comprobar el correcto funcionamiento de dichos elementos eléctricos previo a su adquisición.

Palabras clave: medición, fusibles, virtualización, media tensión.

ABSTRACT:

This paper addresses the generation of a measuring instrument used to obtain the characteristic curves that fuses tolerate when injected with medium power varied currents. To do so, a physical instrument was built, along with its virtualization and a data acquisition board. When checking the current curves given by manufacturers, it will be evident that these parameters are real and effective. The consumer (industrial companies working with medium voltage fuses), can check the correct operation of these electrical items before purchasing them.

Keywords: measurement, fuses, virtualization, medium voltage.

1. Introducción /

Las investigaciones sobre energía eléctrica se basaron en sistemas que funcionaban con corriente directa (C.D. o CD); los cuales fueron descubiertos y efectuados por Thomas Edison [1]; otros grandes investigadores quienes sostuvieron una de las energías más efectivas sobre la corriente directa, dándose lugar a la llamada “batalla de las corrientes”, donde investigadores como Nicola Tesla [2], George Westinghouse [3], entre otros, dieron lugar al descubrimiento de la corriente alterna (C.A. o CA) siendo así uno de los pilares importantes para la sustentación y el mejoramiento de la supervivencia humana [3] [4].

Uno de los descubrimientos del ser humano es el aprovechamiento de la energía natural para la generación de electricidad en conjunto con el empleo de las redes de distribución. Esto daría lugar al desarrollo sostenible, siendo una de las fuentes sustentables a nuevas ideologías investigativas; en donde varios investigadores fueron utilizando las nobles ventajas de la corriente alterna para sus nuevos sistemas, los cuales funcionaban bajo éste concepto. Así, se ha hablado con fundamento de la sociedad industrial, la producción del conocimiento, ha constituido la clave decisiva para el incremento de la productividad.

Artículo Recibido: 25 de agosto de 2013

Artículo Aceptado: 10 de noviembre de 2013

A entenderse de manera más precisa en el sentido; donde las nuevas tecnologías, alteran el modo de desarrollo hasta el punto de dar el nacimiento a una nueva economía, por la innovación del conocimiento y sus aplicaciones productivas, promovidas por la investigación hasta llegar a un dominio de desarrollar máquinas industriales [5]; incrementando así, el desarrollo tal como se muestra en la Fig. 1.



Figura 1. Innovación del conocimiento

Las empresas generadoras de corriente alterna, y su distribución, dan sin lugar a duda una determinada viabilidad al pos-desarrollo. Creando redes de distribución para el transporte de C.A. para lo cual una elemento muy importante es la seguridad. Este proceso se encargada de velar por el buen funcionamiento del sistema completo de distribución energética, aislándole de posibles fallas de funcionamiento del resto del sistema. Los fusibles [6] son elementos de seguridad, los cuales al detectar un exceso de corriente normal dentro del sistema facilitan la desconexión de una sección en caso de necesitar reparar o ampliar una parte del circuito. Esta opción es muy ventajosa cuando dicha sección sufre un cortocircuito [7].

La fig. 2 permite la obtención de datos reales de corriente de fusión de los fusibles mediante una máquina automática acoplada a un circuito acondicionador y, para el cumplimiento del mismo, se ha previsto el siguiente diagrama de bloques.

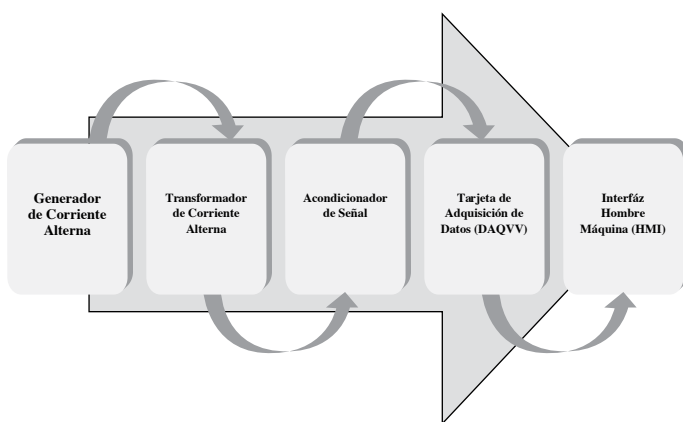


Figura 2. Diagrama de bloques Equipo de Medición

La presente investigación, obedece a las normas establecidas tanto para los fusibles de media tensión como los sistemas y equipos de protección; así tenemos, las Normas NEMA [8], IEEE [9] e IEC [10]. Dichas normas establecen los desbalances de tensión; dando así las observaciones y cuidados a tenerse en el proceso de manipulación y trabajo con los elementos de protección [11].

2. Diseño e Implementación /

2.1 Definición del equipo

Es un equipo de ensayo; el mismo, analiza y comprueba fusibles tipo K, T, H y Dual de media tensión; el cual, es utilizado para pruebas de laboratorio, permitiendo la medición y visualización de la corriente suministrada mediante un dispositivo de lectura como un amperímetro; el cual, recibe datos que se regulan con dos resistencias variables, y un shut magnético variable.

Cuenta con un HMI encargado de la presentación de los valores reales de corriente. Genera la curva de comportamiento de los elementos de protección (fusibles) sometidos a las pruebas.

2.2 Descripción del equipo

El equipo automático para la comprobación de fusibles, consta de un núcleo de hierro de silicio cuya área es de 453.08 cm², adicionalmente está formado internamente de dos bobinas cuya función será generar un campo magnético mediante tres tipos de regulación: 1) shut magnético variable para valores superiores a 90 A, 2) resistencia variable de 1000 Ω para valores entre 2 A y 20 A, 3) resistencia variable de 31Ω para valores entre 21 A y 90 A.

Bajo la descripción anterior, es necesario identificar los valores de los fusibles a ser ensayados; es decir, se podrá realizar ensayos con fusibles que soporten 100 A, con una alimentación de 110V.

2.3 Características Técnicas

La tabla 1, presenta las características del equipo automático de comprobación de fusibles.

Características	Valores	Unidades
Alimentación	110	Voltios
Corriente generada	2 – 150	Amperios (CA)
Voltaje generado	0 – 10	Voltios (CA)
Frecuencia	60	Hercios (Hz)
Potencia	750	Voltio Amperio (VA)
Sistema de Regulación de corriente	Resistencia Variable 31Ω y 1K Ω	Ohm (Ω)
Porcentaje de error en presentación de valores	±0.01	Por ciento (%)
Error de corriente	±0.03	Amperios (A)
Error de voltaje	±0.02	Voltios (V)

Tabla 1. Características básicas del equipo

2.4 Interfaz Hombre Máquina HMI

Con el fin de darle una mayor utilidad al equipo de medida, se programa un HMI para la adquisición de datos; en donde, se adquieren las variables que interviene dentro del proceso de medición, logrando así, definir los métodos y procedimientos para la presentación y manipulación de datos.

3. Construcción del Equipo

3.1. En la Fig. 3, se observa la elaboración del núcleo, donde genera un campo magnético de hasta 150 A; el mismo, está construido por 50 láminas de hierro-silicio de 1 mm de espesor; el cual, adopta una forma de una I cerrada, cuya altura es de 5 cm.



Figura 3. Núcleo cerrado en forma de I

Para la unión de cada lámina, se utiliza soldadura eléctrica, con la finalidad de conseguir una forma compacta.

3.2. Construcción de las bobinas; En la fig. 4, se puede observar la construcción del bobinado en base a los voltajes necesarios en la máquina de medición; los mismos, están formados por: la primera bobina, está formada por 110 espiras de alambre esmaltado de cobre número 19.

La segunda se divide en 2 bobinas: donde la primera bobina, está formada por 5 espiras de alambre esmaltado de cobre número 17 y la segunda bobina, está formada de una espira de alambre esmaltado de cobre número 11. La forma de cada bobina se establece mediante un molde; el cual, permitió dar la forma adecuada y funcional.

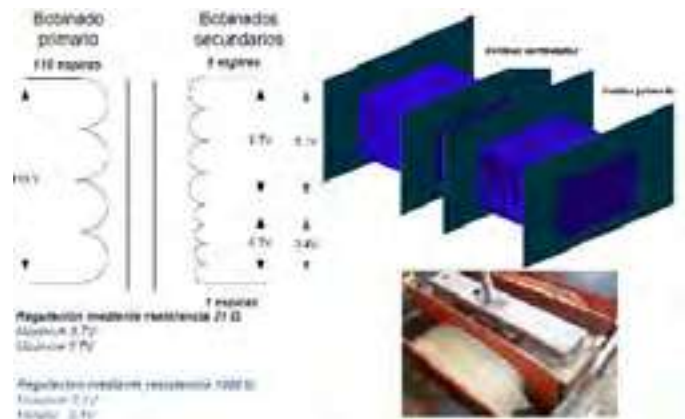


Figura 4. Bobina primaria y secundarias

3.3. Construcción y unión del núcleo magnético con el shut.- La fig. 5, muestra la base de una estructura completamente metálica con los siguientes elementos: 1) un tornillo de 20 cm de largo y 0.5 cm de diámetro; éste permite la abertura y cierre del shut, 2) dos platinas rectangulares de 5 cm de alto por 2 cm de ancho, 3) un tubo rectangular de 17.4 cm de largo por 2 cm de ancho, 4) un tubo de 15.4 cm de largo por 2 cm de ancho; éstos sirven de soporte para el tornillo y las láminas de hierro-silicio, 5) dos ángulos de 90°, 6) un cuadrado sólido formado por 53 láminas de hierro-silicio de 4.6cm por lado y 7) una platina cuadrada de 5cm por 25 cm.

Para el proceso de la unión del núcleo magnético con el shunt, se realiza mediante la utilización de soldadura, el shut se coloca en la mitad del núcleo a 11.4 cm de cada extremo; el mismo debe coincidir exactamente en el medio de la bobina primaria como secundaria, de tal manera que al estar el shut magnético activado, ésta permita la inducción de corriente al secundario, y cuando se encuentre desactivado, solo genere corriente en el primario.

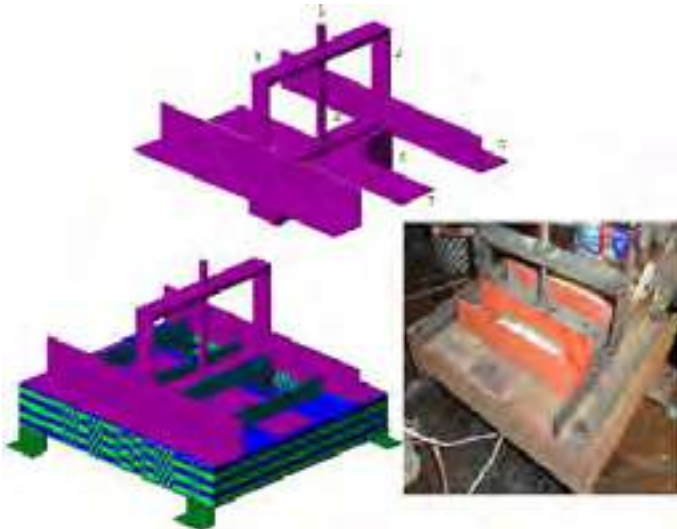


Figura 5. Estructura interna del núcleo magnético y shunt

3.4 En la Fig. 6(a-c), se muestra el Sistema de regulación de corriente; los cuales, son utilizados en las pruebas de los fusibles de media tensión; para los cuales, se crean 3 tipos de regulación de corriente: 1) resistencia variable de 1000 Ω, permite la regulación de corriente para fusibles con capacidad de corriente entre 2 A a 20 A, 2) resistencia variable de 31 Ω, permite la regulación de corriente para fusibles con capacidad de corriente entre 21 A a 90 A y 3) Shunt magnético variable, permite la regulación de corriente para fusibles con capacidad de corriente superiores a 90 A.



Figura 6. a) resistencia variable de 1K Ω, b) resistencia variable de 31 Ω y c) shunt magnético variable

3.5. Por último en la fig. 7, se muestran todas las partes colocados dentro de una estructura metálica, junto con las respectivas conexiones; y así, procedemos a efectuar las mediciones en los fusibles de media tensión.



Figura 7. Elementos colocados y conectados del equipo de medida

3.6. Para la comprobación de fusibles de media tensión, se deben convertir los valores de corriente a valores en voltaje; por cuanto la tarjeta de adquisición de datos (DAQ), sólo admite valores analógicos de voltaje más no de corriente; para tal efecto, se procede al empleo de un circuito con formado por resistencias; el mismo, debe darnos un valor de 0.123 Ω.

4. ¿Cómo se Realiza la Medición?

Reconsiderando la reducción de la corriente mediante el transformador de corriente y el circuito equivalente de 0.123 Ω, genera la siguiente relación:

$$V_{in} = I_{redTC} * 0.123 \Omega \quad (1)$$

donde:

V_{in} = voltaje de ingreso a la DAQ.

I_{redTC} = Corriente reducida del transformador de corriente.

Ejemplo: Al inyectar una corriente de 150 A, y al pasar por el reductor de corriente, se tendrá un valor de 3.75 A; éste valor se obtiene aplicando la relación (1); obteniendo un voltaje de 0.461 [V].

Los valores de voltaje son ingresados al computador; los cuales, se procesan dentro de una aplicación desarrollada con la plataforma LABVIEW, mediante sumadores, condiciones de comparación, ciclos repetitivos, gráficas y elementos de conexión que permiten la obtención de: corriente de fusión, tiempo de fusión y las respectivas gráficas con los valores adquiridos de corriente. Fig. 8

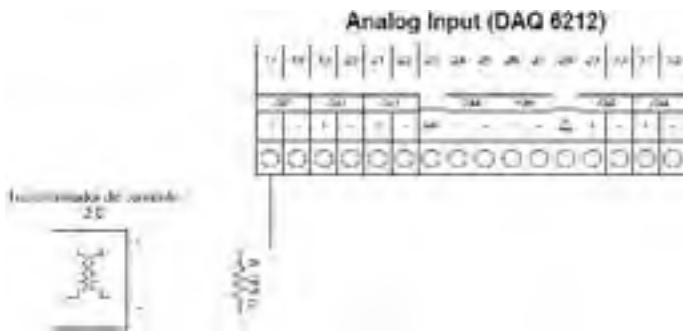


Figura 8. Conexión circuito acondicionador y DAQ 6212

5. Programación del HMI

5.1 Visualización de valores medidos

Para visualizar los valores de corriente de fusión, se realiza una aplicación empleando la plataforma de programación gráfica LabVIEW; el cual consiste en: a) prueba de fusibles (programa principal), donde se indican los controles e indicadores; los mismos, servirán para la programación y virtualización de datos adquiridos desde el equipo automático para medir la corriente de fusibles de media tensión; el mismo, está conformado por los siguientes controles e indicadores detallados a continuación, y mostrados en la fig. 9: 1) el botón inicio prueba, debe ser pulsado una vez conectado el equipo a la alimentación de 110V, esto permite dar inicio a la adquisición de los datos, 2) el control denominado frecuencia, sirve para ingresar la frecuencia entregada por la empresa generadora de energía eléctrica; para este ensayo, se utiliza 60Hz, 3) indica la corriente fusión otorgadas por las resistencias variables en conjunto con el shunt magnético, 4) indica el número de muestras diferentes de corriente generados en un ensayo, 5) indica el periodo de trabajo; el mismo, es calculado dentro de la programación, 6) indica el tiempo de fusión del fusible ensayado, en función de la frecuencia y el periodo, 7) el indicador gráfico denominado curva, nos muestra el diagrama característico correspondiente al fusible ensayado y 8) al tener todos los datos necesarios correspondientes al ensayo, se dispone de un botón denominado reporte; el cual, permitirá imprimir los valores obtenidos con anterioridad.

En la fig. 10, se muestra la ventana del formulario reporte, el cual contiene los siguientes datos: 1) fecha del ensayo, 2) tipo de fusible, 3) corriente de fusión, 4) tiempo de fusión, 5) curva característica, estos datos son tomados del HMI, y 6) la identificación de la persona quien hizo el ensayo.



Figura 9. HMI para la prueba de fusibles de media tensión

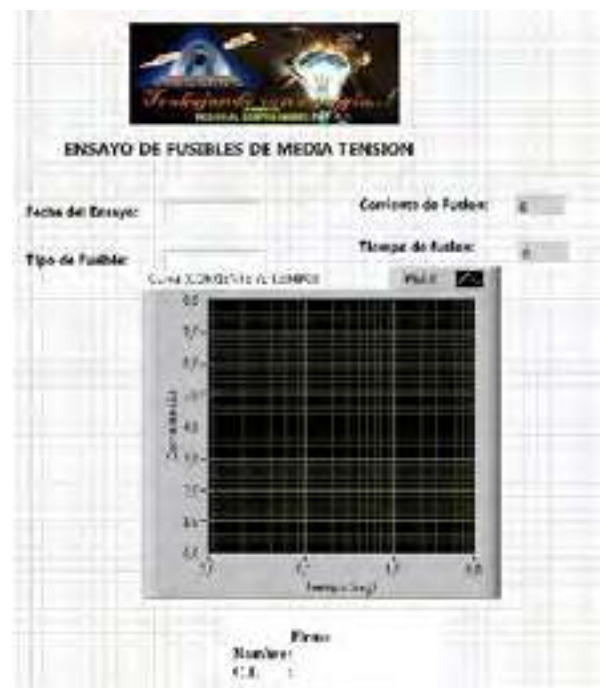


Figura 10. Ventana para impresión de reportes

5.2 Resultados Experimentales

Para comprobar las curvas de comportamiento (corriente vs tiempo) de los fusibles de media tensión el equipo tiene como principal objetivo conocer mediante las pruebas realizadas los valores reales de corriente y tiempo de fusión.

El equipo está compuesto por los siguientes elementos: amperímetro, transformador de corriente, DAQ (Tarjeta de adquisición de datos), selectores, resistencias variables. El funcionamiento se basa en la adquisición de datos, posterior a la inyección de corriente hacia el fusible de prueba; donde, los niveles de corriente dependerán de un mecanismo de regulación, definido por el valor de corriente que especifique el fusible a ser ensayado.

Antes de proceder al respectivo ensayo, debemos tomar en cuenta las siguientes consideraciones con respecto al equipo de medida: 1) tener una ventilación adecuada y no colocar el equipo cerca de fuentes de calor para evitar un sobrecalentamiento del cableado, 2) considerar un intervalo de tiempo de 2 a 5 minutos entre cada ensayo, dependiendo de la capacidad de corriente del fusible; así, evitaremos el sobrecalentamiento de las resistencias que constituyen el circuito reductor, 3) asegurarse que la fuente de alimentación para el equipo sea de 110V de corriente alterna, 4) el cableado mostrado en la Fig. 12, el cual debe conectarse al seccionador (dispositivo donde se colocara los fusibles a ensayarse) deberán estar perfectamente identificados; esto es, el cable de color blanco nos indicará la tierra, el mismo se utilizará independientemente del valor de fusible que se esté probando, un cable negro (grueso) para fusibles de 25A a 150A y un cable negro (delgado) para fusibles de 1A a 24A, 5) los reguladores de corriente como el shunt magnético variable, resistencia variable de 31Ω y resistencia variable de $1K\Omega$, antes de conectar la alimentación para el equipo, deben estar en sus respectivos valores mínimos, 6) para el correcto funcionamiento del equipo automático mostrado en la Fig. 12 y 13, se debe considerar y tomar muy en cuenta los valores de los fusibles a ser ensayados; por cuanto, dichos valores dependerá del tipo de regulación requerida.

Elementos de Control y Conexiones.- La Fig. 11, muestra las conexiones del equipo a dispositivos como a la tarjeta DAQ y Seccionador. En la Fig. 11, también se debe tener las siguientes consideraciones: 1) y 2) las salidas para conexión al seccionador, se debe conectar a un extremo de dicho elemento, siempre y cuando se realice pruebas para fusibles de 0 A a 20A, o de 20 A a 150 A, 3) éste cable sirve para la adquisición de datos (voltaje) hacia la DAQ, se emplea la entrada analógica número uno (AI1), 4) éste cable, sirve para la conexión a tierra de la tarjeta DAQ, el cual tiene etiquetado las siglas GND, y 5) corresponde al cable de la fuente de alimentación; el cual, permite alimentar al equi-

po de medición con 110V de corriente alterna.



Figura 11. Conexiones del equipo a dispositivos: DAQ y Seccionador

La fig. 12, muestra la conexión del cable de Tierra, el mismo, será independiente del fusible que se esté probando; la variación de corriente a tener en cuenta, se detalla a continuación: posición 1 (para pruebas con fusibles de 21A a 150A), y posición 2 (para pruebas con fusibles de 2A a 20A).

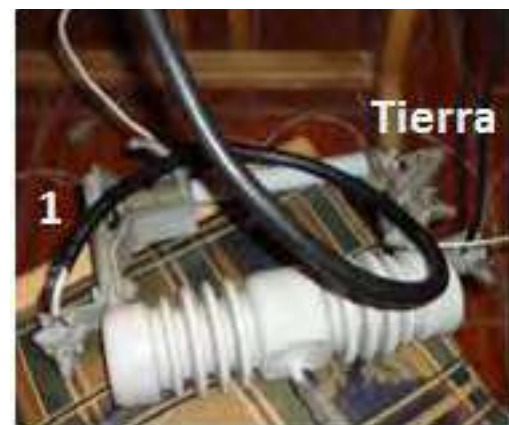


Figura 12. Conexión al Seccionador

Los fusibles a ser ensayados, deben ser de media tensión y con los valores establecidos en las especificaciones; luego, se procede con la elección de los mecanismos de regulación; en donde, al estar en la Posición 1 nos indicará que se tendrá un valor de resistencia variable de $1K\Omega$, para valores de corriente entre 2 A y 20 A; al estar en la Posición 2 nos indicará que se tendrá un valor de resistencia variable de 31Ω , para valores de corriente entre 21 A y 90 A; y con el shunt magnético variable, nos darán valores de 91 A hasta 150 A.



Figura 13. Equipo Automático

La inyección de corriente independiente acorde al tipo de regulación que se esté utilizando, debe ser en forma progresiva, de manera que permita un adecuado incremento de la corriente; y, por tanto se obtendrían valores reales de tiempo y corriente de fusión. El seccionador es el dispositivo que permite la ubicación del fusible para las pruebas respectivas. Y para tal efecto, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a. Separar el portafusible del seccionador. Fig. 14.



Figura 14. Porta Fusible

b. Colocar el fusible tipo T a ser ensayado en el interior del portafusible. Fig. 15



Figura 15. Fusible dentro del portafusible

c. Asegurar el fusible. Fig. 16



Figura 16. Asegurar el fusible

d. Colocar el portafusible en el seccionador. Fig. 17



Figura 17. Portafusible junto al seccionador

Al poner en funcionamiento el equipo de medida, se obtuvieron valores acorde a lo establecido por los fabricantes de fusibles tipo T de media tensión, tal como se muestra en las Fig. 18, tabla 2 y Fig. 19.

Esto conlleva a la comprobación del buen funcionamiento acorde a la tolerancia del fusible tipo T, para lo cual según muestran las Fig. 20 y Fig. 21, nos da una precisión que tiene nuestro equipo de medida; el cual visualiza y envía datos hacia el HMI; con este equipo, podemos tomar muy en cuenta la utilidad que van a tener los fusibles cuando sean conectados al sistema de distribución de energía eléctrica de corriente alterna, puesto que antes de poder adquirir al proveedor, se pueden hacer mediciones iniciales; y así,

poder saber el estado del producto adquirido con respecto al tiempo de fusión según la corriente inyectada a dicho fusible.



Figura 18. Fusible Tipo T

Corriente Transformada [A]	Corriente Inyectada [A]	Voltaje Adquirido [V]	Tiempo [sg]
0.52	21	0.08	0.08
0.62	24.5	0.12	0.09
1.08	42.2	0.207	0.13
1.16	45.5	0.222	0.16
1.28	50	0.215	0.2
1.53	60	0.248	0.25

Tabla 2. Parámetros de medición del fusible tipo T

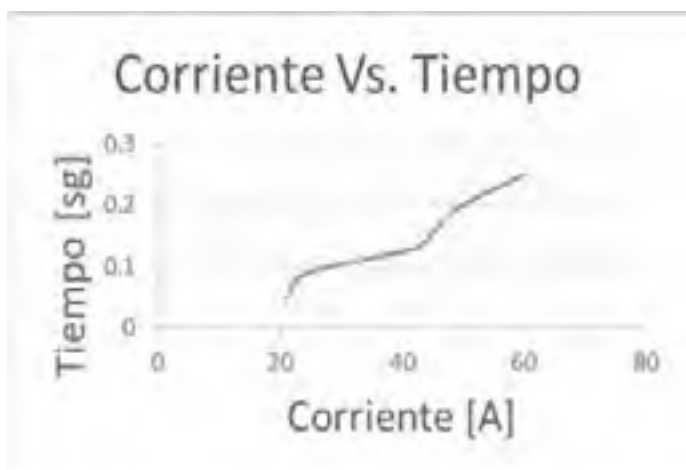


Figura 19. Corriente vs Tiempo del fusible tipo T



Figura 20. Corriente Inyectada al fusible



Figura 21. Corriente adquirida del fusible

6. Conclusiones /

La comprobación de las magnitudes de corriente y tiempo obtenidas dentro del ensayo permite direccionar en forma eficaz y eficiente al personal (cliente industrial) encargado de recibir los fusibles de media tensión como dispositivos de protección. Permite probar con anterioridad el buen funcionamiento de los fusibles de media tensión evitando así, daños, destrucción o recalentamiento de los transformadores.

El equipo de medida es implementado en la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA); que lo utiliza para comprobar los fusibles de media tensión previo a la recepción de los mismos proporcionando así un servicio eléctrico adecuado y perfectamente protegido hacia los clientes residenciales.

Referencias /

- [1] Jones, J. T., & Calif, S. (1976). The American Board of Psychiatry and Neurology. *Am J Psychiatry*, 133, 1-1.
- [2] Swezey KM. Nikola Tesla: electricity today is generated, transmitted, and converted to mechanical power by means of his inventions. *Science* 1958; 127: 1147-59.
- [3] Colino, E. A., Gracia, J. R., & Martín, P. A. (2002). La batalla de las corrientes. *Técnica Industrial*, 247, 25.
- [4] C. L. Sulzberger (2003, July/August). Triumph of AC “The battle of the currents”, part 2. *IEEE power & energy magazine*. [Online] 1(4), pp. 70 – 73. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/ie15/8014/27280/01213534.pdf?arnumber=1213534>
- [5] P. Gómez García (2003, Marzo). La sociedad informacional frente a la crisis de la humanidad, *Gazeta de Antropología*. [Online]. 19(06), pp. 2, 3, 13. Available: <http://hdl.handle.net/10481/7321>
- [6] Gómez, J. C., & Reproel, S. A. Lo que usted debe conocer sobre fusibles de alta capacidad de ruptura.
- [7] Gasquet H. L., (2004, Octubre), “Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica”, *Manual Teórico Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos*, Solartronic, S.A. de C.V.
- [8] NEMA, *Motors and Generators*, NEMA Standar MG1-1993. Publishing by NEMA, 1993.
- [9] IEEE, *Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*, IEEE Standard 141- 1993.
- [10] IEC, *Effects on Unbalanced Voltages on the Performance of Induction Motors*, IEC 60034-26, Publishing by IEC, 2002.
- [11] Londoño-Parra, C. M., & Ramírez-Echavarría, J. L. (2013). Normas de Eficiencia Energética de Motores de Inducción, ¿Está Preparada Latinoamérica? *Tecno Lógicas*, (30), pp. 117 – 147

OBTENCIÓN DE PIEZAS METÁLICAS MEDIANTE LA PULVIMETALURGIA

Segundo Manuel Espín L

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
mespin@uta.edu.ec

RESUMEN:

Se ha producido polvo de chatarra de aluminio mediante atomización de aluminio fundido, con tres chorros de agua a presión con un equipo diseñado y construido en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Se realizó la caracterización de las probetas obtenidas por pulvimetalurgia, determinándose los parámetros para conformar y sinterizar piezas cilíndricas a partir de polvo de aluminio, así como también la densidad, dureza, y metalografía tanto de probetas obtenidas en verde y sinterizadas.

Palabras clave: Pulvimetalurgia, polvo de chatarra de aluminio, atomización, sinterizado, piezas metálicas.

ABSTRACT:

Aluminum scrap powder was obtained by spraying cast aluminum, with three pressurized water jets of a machine designed and built at the Faculty of Civil and Mechanical Engineering at Universidad Técnica de Ambato. The characterization of the samples, made by powder metallurgy, was performed in order to determine parameters for forming and sintering cylindrical pieces from aluminum powder, as well as density, hardness and metallographic of both green and sintered specimens.

Keywords: Powder Metallurgy, aluminum scrap powder, spray, sintering, metal pieces.

1. Introducción

En la época actual se han desarrollado varias técnicas para la obtención de piezas metálicas como la fundición, el mecanizado, procesos de conformado, etc.; pero a pesar de ser buenas técnicas, tienen sus limitaciones, por lo que hemos recurrido a la Pulvimetalurgia que es una tecnología nueva en nuestro país la que nos ayudará a superar estas limitaciones.

Algunas Universidades del mundo se han dedicado a la investigación de la Pulvimetalurgia, que consiste en la obtención de piezas metálicas a partir de metal en polvo, que en nuestro caso la obtuvimos de chatarra de aluminio, es decir que la reciclamos.

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

Este proceso tiene tres etapas: la primera es la obtención de polvo metálico a partir de metal líquido o metal fundido. La segunda es la elaboración del molde y compactación de la pieza en verde, y la tercera es la sinterización de la pieza en el horno a temperaturas próximas a la temperatura de fusión del metal.

1.1 Características de los Polvos metálicos

Las características importantes de los polvos metálicos son: pureza, tamaño de partícula, distribución por tamaño de partícula, densidad, relación de compresión y forma de la partícula. Los polvos metálicos tienen varias formas: esférica, angular, redonda y acicular. Las partículas esféricas tienen excelentes propiedades de sinterización, mientras que las partículas irregulares tienen propiedades de moldeo superiores, (ver figura 1.1).



Figura. 1.1. Forma de las partículas en la metalurgia de polvos y procesos por los cuales se producen. Los polvos de hierro se elaboran por medio de muchos de estos procesos. Fuente: Cortesía de P.G. Nash; Illinois Institute of Technology, Chicago.

1.2 Métodos para la producción de polvos

Existen diversos métodos para producir polvos metálicos, la mayoría de los cuales se pueden elaborar mediante más de un método. La elección depende de los requisitos del producto final. La microestructura, las propiedades de la masa y de la superficie, la pureza química, la porosidad, la forma y distribución del tamaño de las partículas dependen del proceso específico que se usó (figura 1.2).

Estas características son importantes, porque afectan de manera significativa el flujo y la permeabilidad durante la compactación y en las operaciones posteriores de sinterizado. El tamaño de las partículas producidas va de 0.1 a 1000 µm (4 a 0.04 pulgadas).

1.3 Mezcla de polvos metálicos

Para lograr resultados exitosos en la compresión y la sinterización, los polvos metálicos deben estar bien homogeneizados de antemano. Los términos homogenización y mezclado son ambos usados en este contexto. La homogenización se refiere a cuando los polvos son de la misma composición química pero con tamaños de partícula diferentes son posiblemente entremezclados. Partículas de diferentes tamaños a menudo son mezcladas para reducir la porosidad. La mezcla se refiere a la combinación de polvos de diferente composición química.

Otros ingredientes son usualmente añadidos a los polvos metálicos durante la homogenización y/o mezclado.

Estos aditivos incluyen (1) lubricantes, algo semejante como estearatos de cinc y aluminio, en pequeñas cantidades para reducir fricción entre partículas y en la pared del dado durante la compresión; (2) agavilladores, los cuáles son requeridos en algunos casos para lograr la fuerza adecuada en la compactación de la pieza; y (3) defloculantes, que inhiben la aglomeración de polvos para las mejores características de flujo durante el subsiguiente procesamiento. (Figura 1.3).

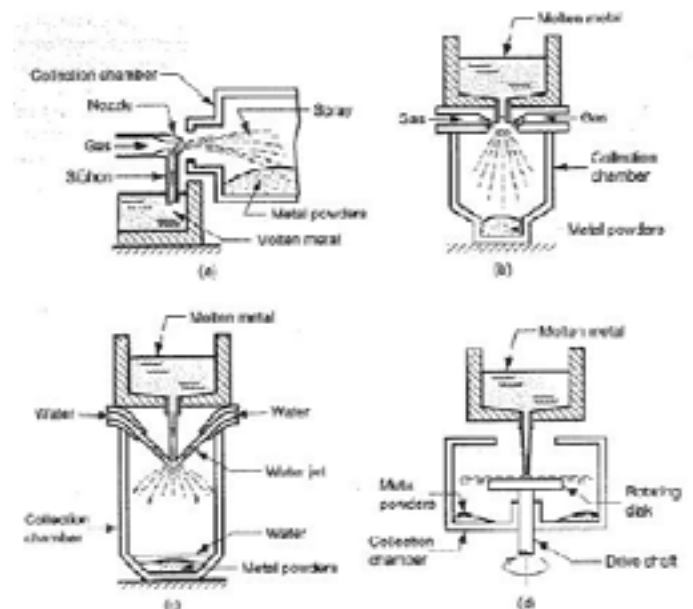


Figura. 1.2. Métodos de producción de polvos metálicos por atomización: (a) y (b) dos métodos de atomización por gas; (c) atomización por agua, (d) atomización centrífuga con un disco giratorio. Fuente: M. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems, Tercera Edición, 2007, pp. 344.

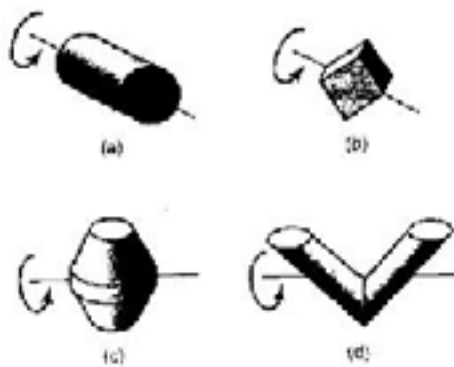


Figura 1.3. (a) a (d) Algunas figuras comunes de recipientes para combinar o mezclar polvos. Dado que éstos son abrasivos, los mezcladores se basan en la rotación o volteado de figuras cerradas, al contrario del uso de agitadores agresivos. Fuente: Cortesía de Kemutec Group, Inc.

1.4 Compactación de los polvos metálicos

La compactación es el paso en el que se presan los polvos mezclados para darles diversas formas dentro de las matrices, como se muestra en la figura 1.4. Los propósitos de la compactación son obtener la forma, densidad y contacto de partícula con partícula necesarios y hacer que la pieza tenga suficiente resistencia para su proceso posterior.

El polvo (materia prima) es introducido en la matriz mediante una zapata de alimentación y el punzón superior desciende hacia el interior de la matriz.

Las prensas utilizadas son las accionadas por medios hidráulicos o mecánicos y, por lo general, el proceso se realiza a temperatura ambiente, aunque puede efectuarse a temperaturas elevadas, para el caso de aluminio y aleaciones se utilizan presiones que oscilan entre 70 y 275 MPa.

Al polvo prensado se le conoce como comprimido crudo o compactado en verde, porque tiene una resistencia baja. Las partes crudas o en verde son muy frágiles y se pueden desmoronar o dañar con mucha facilidad; esta situación se agrava por medio, de prácticas deficientes de prensado.

Para obtener resistencias más elevadas en verde, el polvo se debe proporcionar de manera adecuada a la cavidad de la matriz y tienen que desarrollarse las presiones adecuadas en toda la pieza. [4]

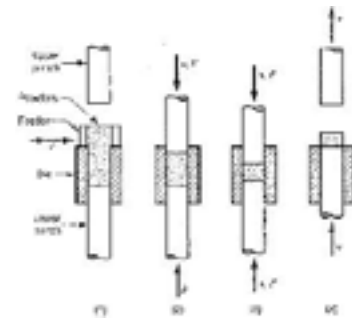


Figura 1.4. Prensado, el método convencional de compactación de polvos metálicos en PM: (1) llenado de la matriz con polvo, realizado por alimentación automática, (2) posición inicial, y (3) final del punzón superior e inferior durante la compactación, y (4) extracción de la pieza. Fuente: M. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems*. Tercera Edición, 2007, pp. 347.

1.5 Sinterizado

Después del prensado, el compactado en verde carece de resistencia y dureza; por lo que es fácil que se rompa por pequeños esfuerzos. La sinterización es un tratamiento térmico para unir las partículas metálicas. El tratamiento es usualmente efectuado en las temperaturas entre 0,7 y 0,9 del punto de fusión del metal (escala absoluta). La serie de croquis en la Figura 1.5 demuestra a una escala microscópica los cambios que ocurren durante el sinterizado de polvos metálicos. La sinterización involucra el transporte de masa para crear los cuellos y transformarlos en linderos del grano.

El mecanismo principal por el cual ésta ocurre es la difusión; otros posibles mecanismos incluyen el flujo plástico [1].

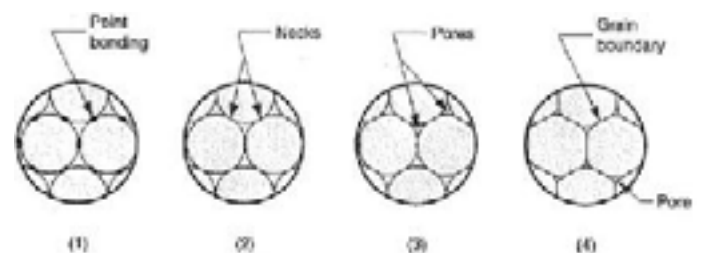


Figura 1.5 Prensado, el método convencional de compactación de polvos metálicos en PM: (1) llenado de la matriz con polvo, realizado por alimentación automática, (2) posición inicial, y (3) final del punzón superior e inferior durante la compactación, y (4) extracción de la pieza. Fuente: Groover M. (2007). *Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems*. Tercera Edición. pp. 347.

2. Metodología y Materiales /

2.1 Obtención del polvo de Aluminio

Primero se procedió a fundir la chatarra de aluminio en un horno de inducción de 5 Kg de capacidad, adquirido para el desarrollo de este proyecto, luego el polvo de aluminio se obtuvo a partir del aluminio fundido, mediante atomización con tres chorros de agua a presión, obteniendo partículas de aluminio de 425 μm, 600 μm y 1180 μm . En la figura 2.1 se muestra el proceso de atomización del polvo de aluminio y en la figura 2.2 se muestra el polvo de aluminio de 425 μm.



Figura. 2.1. Proceso de atomizado aluminio líquido.



Figura 2.2. Polvo de aluminio 425 μm. (Los investigadores)

2.2 Mezclado del polvo de aluminio

Con el propósito de homogenizar y lubricar el polvo de aluminio se combinó con 0.1 % de lubricante (bórax), utilizando el mezclador en V, diseñado y construido por estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la UTA, el mismo que se indica en la figura 2.3.



Figura 2.3. Mezclador de polvos en V.
Fuente: Los investigadores

2.3 Compactación del polvo de Aluminio

La presión recomendada de compactación es de 70 Mpa para el aluminio y aleaciones, el diámetro del punzón es de 24 mm con la que se calculó la fuerza de compactación mediante la siguiente ecuación:

$$F = P * A \tag{1}$$

Dónde:

F = Fuerza de compactación.

P = Presión de compactación.

A = Área de la sección transversal.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \tag{2}$$

$$A = \frac{\pi(24 \text{ mm})^2}{4} = 452.39 \text{ mm}^2$$

$$A = 4.5239 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = 70 \text{ MPa} * 4.5239 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 31667.3 \text{ N}$$

$$F = 31337.3 \text{ N} = 7109 \text{ lbf}$$

El polvo de aluminio fue compactado utilizando un punzón y un tubo guía hasta llegar a la fuerza necesaria de compactación, en la máquina universal de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, como se muestra en las figuras 2.4 y 2.5.



Figura 2.4. Máquina Universal.
Fuente: Cortesía FICM-UTA



Figura 2.5. Probetas de aluminio
Fuente: Los investigadores

2.4 Sinterización de las probetas

Al no disponer de un horno de atmósfera controlada, para evitar la oxidación de las probetas, primero fueron introducidas en un tubo con arena y luego colocadas en el horno eléctrico, a una temperatura de 600°C durante una hora, y posteriormente enfriadas al ambiente.



Fig. 2.6. Colocación de probetas en el Horno eléctrico
Fuente: Los Investigadores

2.5 Caracterización.

Se procedió a determinar la dureza, densidad, y estructura metalográfica de las probetas cilíndricas, tanto en verde como sinterizadas; obtenidas con distintos tamaños de partículas. La dureza se determinó en un durómetro de la FICM en escala Brinell, la densidad y la microestructura se determinó experimentalmente en el laboratorio de materiales de la Carrera de ingeniería Mecánica de la FICM.

3. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el proceso de investigación.

3.1 Tamaño de partículas obtenidas por Atomización mediante presión de agua

El tamaño de partículas se expresa en micrómetros, tanto para partículas 1,2,y 3, como se detalla en el siguiente gráfico.



Figura 3.1. Tamaño de partículas por atomización mediante presión de agua

3.2 Datos de carga aplicada



Figura 3.2. Probetas VS carga aplicada

3.3 Dureza de probetas

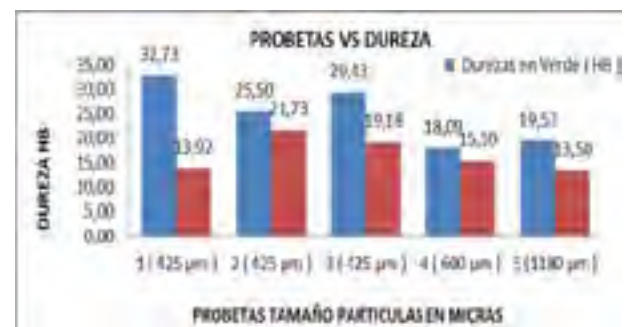


Figura 3.3. Probetas VS Dureza

3.4 Dureza de Probetas en Verde en Función de la Carga Aplicada



Figura 3.4. Dureza en función de carga aplicada

3.5 Dureza de Probetas Sinterizadas en Función de la Carga Aplicada

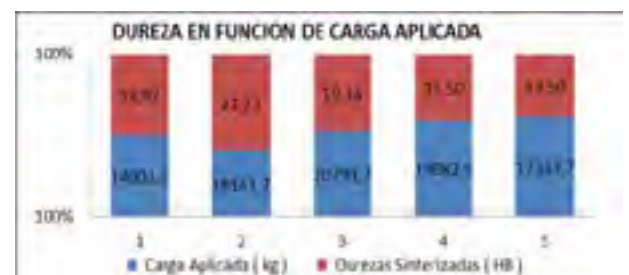


Figura 3.5. Dureza de probetas sinterizadas en función de carga aplicada

3.6 Densidades

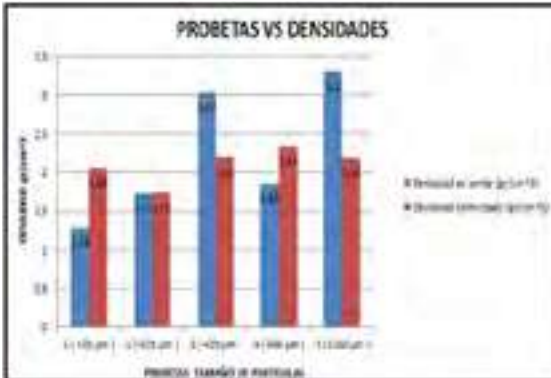


Figura 3.6. Densidades en función de tamaño de partícula

Microestructuras obtenidas

CARACTERÍSTICA	FORMA DE PARTICULA	PROBETA EN VERDE	PROBETA SINTERIZADA
PROBETA 1 (425 µm)			
PROBETA 2 (475 µm)			
PROBETA 3 (425 µm)			
PROBETA 4 (600 µm)			
PROBETA 5 (1180 µm)			

4. Discusión

La atomización de la chatarra de aluminio fundido se lo realizó con tres chorros de agua a presión, se obtuvieron tres tamaños de partículas 425 µm, 600 µm, y 1180 µm, esto se consiguió variando el diámetro del chorro del aluminio líquido de 1mm a 1.5 mm, respectivamente.

Las partículas de aluminio de 425 µm, fueron compactadas con cargas de 14001.9 Kg, 18161.7 Kg, y 20291.7 Kg, las partículas de 600 µm se compactó con una cargas de 19082.9 Kg y las partículas de 1180 µm se compactó con una carga de 17343.7 Kg.

La dureza en las probetas sinterizadas disminuye con relación a las probetas en verde, y mientras mayor es la carga aplicada mayor es la dureza en verde.

La densidad tiende a aumentar en las probetas sinterizadas, esto se debe a la unión atómica debido al proceso de sinterizado, donde se eliminan espacios intersticiales y porosidades de la probeta en verde, con excepción de la probeta con tamaño de partícula 1180 µm.

Del análisis metalográfico se determina que las probetas con tamaño de partícula de 425 µm, presenta una forma alargada y al ser compactada a 18161.7 Kg (probeta 2) y 20291.7 Kg (probeta 3), presentan una microestructura regular sin porosidades y la matriz es completamente uniforme a pesar que en verde tienen espacios entre grano y grano de 13 µm como mínimo y 43.42 µm como máximo.

La probeta 4 metalográficamente presenta espaciamientos entre grano y grano de 15 µm como mínimo y 82.38 µm como máximo, obteniendo una microestructura irregular y un contorno de grano grande lo que ocasionaría la posible falla de la pieza de aluminio obtenida por pulvimetalurgia.

La probeta 5 metalográficamente presenta espaciamientos entre grano y grano de 58.03 µm como mínimo y 210.8 µm como máximo, obteniendo una microestructura muy irregular y un contorno de grano demasiado grande lo que ocasionaría la falla de la pieza de aluminio obtenida por pulvimetalurgia.

5. Conclusiones /

La probeta cilíndrica número dos fue la que brindó mejores características metalográficas y mecánicas, cuyos parámetros fueron: diámetro de chorro de metal líquido 1 mm, tamaño de partícula 425 μm , carga de compactación aplicada 18161.7 Kg, temperatura de sinterizado 600 0C, dureza en verde 25.50 HB, dureza después de sinterizado 21.73 HB, densidad 1.74 gr/cm³, microestructura uniforme sin porosidades y discontinuidades y átomos perfectamente unidos por sinterizado.

Con los parámetros anteriores, se puede obtener cualquier pieza de aluminio partiendo de chatarra, todo dependerá de la forma del molde y la necesidad de producción.

Los parámetros determinados en esta investigación, servirán como base para las empresas fundidoras, y metalmeccánicas de la provincia de Tungurahua y del país que estén interesadas en la producción de piezas metálicas de aluminio por pulvimetalurgia, así como también servirá para capacitar a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato en procesos de fabricación mediante la pulvimetalurgia.

Con este proyecto nos permitió crear un proceso tecnológico de producción de piezas por Pulvimetalurgia, para cubrir con las necesidades del sector industrial y al mismo tiempo reciclar chatarra de aluminio reduciendo de esta manera el grado de contaminación ambiental.

Si comparamos una pieza obtenida por el proceso de fundición normal y una pieza obtenida por pulvimetalurgia, determinamos que la pieza por fundición presenta muchas porosidades e inclusiones tanto superficialmente como internamente, mucha separación en el contorno de grano y requiere de un maquinado posterior, lo que eleva el costo con relación al obtenido por pulvimetalurgia.

Referencias /

- [1] H. Bawa, (2007) Procesos de Manufactura. Primera edición. McGraw-Hill, India.
- [2] W. Callister, (2007) Materials Science and Engineering an Introducción. Seventh Edition.
- [3] M. Groover, (2007) . Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems, Tercera Edición, , 345-351.
- [4] S. Kalpakjian, S. Schmid (2008). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. Quinta edición. Pearson Educación. Mexico.
- [5] W. Smith W. (2004), Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill,.
- [6] Powder Metallurg (1984) 9th edición, Vol 7, American Society for Metals, Metals Park, Metals Handbook.

EL EFECTO DEL USO DE PROBIÓTICOS (LACTOBACILLUS PLANTARUM & LACTOBACILLUS CASEI) Y ENZIMAS AMILASAS (FUNGAMYL) & PECTINASAS (AFPL), EN LA FERMENTACIÓN ÁCIDO-LÁCTICA DE CAMOTE (IPOMOEA BATATAS L.)

Janina Proaño

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
jproano@uta.edu.ec

RESUMEN:

Los *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus plantarum*, proveen efectos beneficiosos sobre el huésped, en este sentido, se les atribuye: ayuda en la digestión de la lactosa, prevención de infecciones intestinales, acción inmunomoduladora, prevención de cáncer y enfermedades cardiovasculares. Esta investigación tiene su importancia en el aprovechamiento de tubérculos como el camote, utilizando probióticos que mejoran y equilibran la microflora intestinal. El proceso de obtención del lacto-jugo se realizó con la utilización de enzimas (FUNGAMYL) y (AFPL) que actúan en la hidrólisis del almidón, luego se fermenta con la utilización de las bacterias ácido lácticas. Con los datos obtenidos se demostró el efecto que tienen estas bacterias sobre el camote tratado enzimáticamente. Además se realizaron análisis del mejor tratamiento como son cenizas, proteína, sólidos totales, carbohidratos totales, energía, análisis microbiológicos y las características sensoriales según normas reguladas por la AOAC. El trabajo realizado proporciona información sobre el bioproceso para la elaboración de lacto-jugos, a través de la selección de la enzima (FUNGAMYL) como la de mayor actividad cuando se utiliza camote como sustrato y los *Lactobacillus plantarum* para una mejor fermentación, lo cual influyó en mejorar la presentación y las características tanto sensoriales como microbiológicas, de esta manera se espera ofertar un nuevo producto con características funcionales que satisfaga las necesidades del mercado nacional y que sea accesible para todas las familias.

Palabras clave: enzimas, fermentación ácido láctica, probióticos, tubérculos.

ABSTRACT:

Lactobacillus casei and *Lactobacillus plantarum* probiotic bacteria, provide beneficial effects on the host in which it lives, therefore they act as on: lactose digestion, prevention of intestinal infections, immunomodulatory action, prevention of cancer and cardiovascular diseases. The present research is important because is related to lacto – juice of sweet potato tubers using the mentioned probiotics aiming to improve and balance the intestinal microflora in human beings. The process for obtaining lacto-juice was performed with the use enzymes (FUNGAMYL) and (AFPL) to act on starch hydrolysis and then fermented with the use of the above lactic acid bacteria. The data obtained showed the effect of these bacteria on potato enzymatically treated. Moreover analyzes were done conducted on the best treatment as ash content according to AOAC regulations proteins, total solids, total carbohydrates, energy, as well as microbiological analysis and the sensory characteristics. The research work gives information on bioprocess for preparing the sweet potato lacto-juice, using the best enzyme (FUNGAMYL) as the most active when used sweet potato as substrate and *Lactobacillus plantarum* for improve the fermentation process, both sensorial and microbiological features were satisfactory. So it is expected to offer a new product with functional characteristics to meet the needs of the domestic market and accessible to all families.

Keywords: enzymes, lactic acid fermentation, probiotics, tubers.

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

1. Introducción

El camote es un tubérculo con elevado contenido de almidón y contienen carotenos que pueden ser usados como pigmentos naturales. En la actualidad se cultiva en 82 países.

En el mundo el rendimiento del cultivo es de 14,75 ton/ha, se considera como el séptimo cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de producción. China es el primer productor, con más de 121 millones de toneladas (el 92% de la producción mundial) y un rendimiento de 17 ton/ha, en América Latina, se destacan en su producción Brasil, Argentina, Perú, Haití y Cuba (FAO, 2005) citado por (Sánchez y Combariza, 2006).

Actualmente, los productos probióticos más comunes generalmente se catalogan como leche fermentada y yogurt. Sin embargo, la intolerancia a la lactosa y contenido de colesterol son dos inconvenientes relacionados con su consumo. Se ha sugerido que un jugo de fruta podría servir como medio de cultivo de probióticos (Yoon et. al, 2007). Las frutas y vegetales, alimentos saludables, son ricos en antioxidantes, vitaminas, fibras dietéticas y minerales. Además, no contienen ningún alérgeno lácteo que pudiera prevenir su uso por cierto segmento de la población (Luckow y Delahunty, 2004).

Lactobacillus plantarum es una bacteria láctica heterofermentativa facultativa, metabólicamente muy flexible y versátil que se encuentra en un gran rango de ambientes, incluyendo los productos lácteos y cárnicos-fermentados, el tracto gastrointestinal humano (Kleerebezem et. al, 2003). Sin embargo, su nicho más habitual son los alimentos fermentados de origen vegetal.

Probiotic (2009), indica que *Lactobacillus casei* es una bacteria beneficiosa que se encuentra naturalmente en la boca e intestinos del ser humano. Se produce ácido láctico que ayuda a reducir los niveles de pH en el sistema digestivo e impide el crecimiento de bacterias dañinas. *Lactobacillus casei* se pueden encontrar en "productos lácteos crudos o fermentados y los productos vegetales frescos o fermentados".

Marín et. al, (2009), citan que *Lactobacillus plantarum* y *casei* se caracterizan por ser microorganismos auxótrofos, al no ser capaces de sintetizar todos los factores de creci-

miento, como bases nitrogenadas, aminoácidos y vitaminas del complejo B, requiriendo un sustrato ácido; hacen parte de la microbiota de la leche, la carne, los vegetales, las frutas, los vinos, las mucosas intestinales y vaginales, de donde toman sus requerimientos nutricionales; son genéticamente estables, capaces de alcanzar el intestino humano y multiplicarse sin producir daños al huésped. Éstos, para considerarse probióticos, deben ser viables en el alimento en concentraciones de 10^6 - 10^{11} (ufc/ml), durante el tiempo de vida útil.

La fermentación del ácido láctico aumenta la solubilidad de proteínas y la disponibilidad de aminoácidos limitantes, en algunos llega al 50%. El impacto nutricional de los alimentos fermentados en las enfermedades nutricionales puede ser directo o indirecto. Fermentaciones de alimentos que aumentan el contenido de proteína o mejorar el equilibrio de aminoácidos esenciales, tendrá un efecto curativo directo.

Del mismo modo fermentaciones que aumentan el contenido o la disponibilidad de vitaminas como la tiamina, la riboflavina, la niacina o el ác. fólico puede tener profundos efectos directos sobre la salud de sus consumidores (Steinkraus, 1997).

El objetivo de este trabajo es emplear probióticos (*Lactobacillus plantarum* & *Lactobacillus casei*) y enzimas para la fermentación ácido-láctica de Camote (*Ipomoea batatas* L.).

2. Materiales y Métodos

2.1 Materia prima

El camote variedad (*Ipomoea batatas* L.) se adquirió en el Mercado Modelo de la ciudad de Ambato, los cuales fueron seleccionados antes del proceso. Se utilizó los edulcorantes Stevia y Fructosa.

Las enzimas amilasas y pectinasas utilizados se adquirieron de la empresa Quifatex S.A – de Quito. Las bacterias *Lactobacillus plantarum* fueron suministrados por la Universidad de California en Irvine USA y *Lactobacillus casei* se adquirió en la Farmacia Sana de la ciudad Ambato, de la provincia de Tungurahua.

2.2 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño al azar en arreglo factorial A*B*C de 12 tratamientos, con tres replicas. Factor A: concentración de camote. a1= 1:5 y a2=1:10.

Factor B: Tipo de edulcorante.

b1= Fructosa y b2= Stevia.

Factor C: Especie de microorganismo.

c0= Lb. Plantarum. c1= Lb. casei. y c2= Lb. plantarum + Lb. casei

2.3 Preparación de cultivo iniciador

Para preparación de cultivo iniciador se utilizó uva de buena calidad.

2.4 Extracción de jugo

Se distribuyeron las concentraciones en los envases de vidrio con el camote rallado y agua esterilizada, se cocinó a 92°C durante 15 min. Posteriormente se realizó ensayos con las enzimas pectinasas y α -amilasas con dos tipos de concentración (0,025% y 0,5%) que se añadieron a cada botella para facilitar desdoblar el almidón. Las botellas se incubaron en una cámara de laboratorio (28 \pm 2 °C) durante 24 horas (tres repeticiones por tratamiento).

2.5 Fermentación

El jugo cocido se utilizó para la fermentación, se inocularon con 3 ml; 1x10⁷ ufc/ml de Lb. plantarum (cultivo iniciador) y Lb. casei (cultivo iniciador). Se incubaron durante 48 horas.

2.6 Análisis en Lacto-Jugo

Se realizaron análisis a los jugos de pH, sólidos totales, acidez, viscosidad. El pH se midió con un medidor de pH (Extech pH100 ExStik Waterproof), la acidez titulable (Villa, 2011) se realizó por titulación, los °Brix se utilizó un Brixómetro (Atago 0-32 %), estos análisis se realizaron cada dos horas durante el proceso de fermentación es decir; 0, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 38, 40, 42, 44, 46 y 48 horas. La viscosidad (Alvarado, 1996) se evaluó con el viscosímetro de tubo capilar tipo Ostwald al finalizar el proceso de fermentación.

2.7 Recuento microbiano

Se realizó cinética de crecimiento tanto por pérdida de peso del sustrato y conteo de bacterias del mejor tratamiento, con la utilización de una incubadora que controla la agitación y temperatura (New Brunswick Scientific), el recuento de bacterias coliformes técnica (INEN 1529-8), mohos y levaduras, vida útil del mejor tratamiento técnica (INEN 1529), para el recuento de bacterias se utilizó agar MRS (Man, Rogosa and Sharpe).

2.8 Evaluación sensorial

Los atributos sensoriales: sabor, color, olor, acidez, aceptabilidad, fueron evaluados por 26 panelistas semientrenados las cataciones se las realizó por duplicado, el lacto-jugo se sirvió en vasos de polipropileno transparente que habían sido marcado con números de 3 dígitos al azar. Se dieron indicaciones generales para evitar cualquier confusión. Los métodos estadísticos utilizados para la evaluación de los resultados analíticos fueron, el análisis multivariante y el análisis de correlación. Los datos fueron analizados por el programa estadístico InfoStat y Statgraphics Centurion.

3. Resultados y Discusión

En los últimos años el desarrollo y mejoramiento de tecnología de obtención y utilización de cultivos microbianos en alimentos, ha provocado un incremento en la seguridad alimentaria, donde se promueve el desarrollo de nuevos alimentos funcionales para mejorar la calidad de vida. El camote es rico en almidón, azúcares y fenoles, pueden servir como buen sustrato para los lacto-jugos. El lacto-jugo o jugo de camote con probióticos, es un nuevo producto beneficioso bajo en calorías 13 Kcal, con carbohidratos totales 3,15 %, con proteína 0,01 % y cenizas 0,11 %, sólidos totales 3,27 %; a diferencia de un jugo sin bacterias, calorías 9 Kcal, con carbohidratos totales 2,33 %, con proteína 0,01 % y cenizas 0,08 %, sólidos totales 2,43 % (LACONAL).

3.1 Tratamiento enzimático de lacto-jugo de camote

El International Starch Institute en Dinamarca (2001), afirma: el gránulo de almidón de camote tiene un diámetro que va desde 4 a 40 micrones, siendo el promedio 19, con contenido de amilosa del 19-25%. En la Fig. 1 se indica el

incremento de °Brix cuando se aplicó las enzimas α-amilasas y pectinasas, por 24 horas.

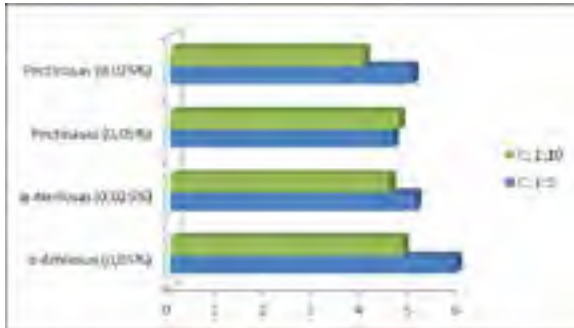


Figura 1. Efecto de la concentración de enzimas pectinasas y amilasas, sobre el °Brix de los jugos.

Al aplicar una prueba múltiple de rangos al 95% de confianza, se determinó que con las enzimas α-amilasas, se tiene mayor concentración en °Brix al 0,05 %.

La utilización de enzimas termoestables presenta muchas ventajas, entre ellas: se eliminan riesgos de contaminación por microorganismos y disminuyen la viscosidad del medio ya que actúan a altas temperaturas. Sin embargo, las α-amilasas fúngicas son más eficaces cuando no es necesario gelatinizar previamente el almidón además de que ofrecen la posibilidad de trabajar a bajas temperaturas (Godfey y Reinchelt, 1983).

3.2 Análisis físicos y químicos

Los cambios en el lacto-jugo se midieron durante el proceso de fermentación cada dos horas, hubo disminución de °Brix al mismo tiempo de pH, e incremento de acidez. El pH es un factor crítico en el desarrollo de sabor y aroma de los productos fermentados (McFeeter, 2004).

El pH óptimo de jugos de vegetales fermentados, como la col y zanahoria se reportan entre 3,8 a 4,5 según (Adams y Nicolaidis, 1997).

En la Tabla 1 se muestra los promedios a las 48 horas de fermentación de *Lb. plantarum*, con sólidos totales (4,73), ácido láctico (1,23 a 1,32 g/l) y de pH (3,13 a 3,57) a diferencia de la utilización de *Lb. casei* con consumo de sólidos totales (2,46), ácido láctico (0,87 a 0,99 g/l) y disminución de pH (4,74), consecuentemente al utilizar *Lb. casei* y *Lb. plantarum* los sólidos totales (3,17), ácido láctico (0,99 a 1,08 g/l) y de pH (4,08-4,22).

D2	Edulc.	Microorg.	pH	Acidez	°Brix	Sólidos Totales
1-5	Fruct.	<i>Lb. plantarum</i>	3,46	1,17	3,07	4,73
1-5	Fruct.	<i>Lb. casei</i>	4,72	0,87	3,20	4,46
1-5	Fruct.	<i>Lb. plantarum</i> + <i>casei</i>	4,22	1,08	3,53	4,54
1-5	Stevia	<i>Lb. plantarum</i>	3,57	1,23	2,87	4,46
1-5	Stevia	<i>Lb. casei</i>	4,74	0,90	3,60	3,51
1-5	Stevia	<i>Lb. plantarum</i> + <i>casei</i>	4,69	0,99	2,60	2,64
1-10	Fruct.	<i>Lb. plantarum</i>	3,25	1,17	1,47	3,77
1-10	Fruct.	<i>Lb. casei</i>	4,66	0,99	1,47	2,72
1-10	Fruct.	<i>Lb. plantarum</i> + <i>casei</i>	4,22	1,08	1,20	2,60
1-10	Stevia	<i>Lb. plantarum</i>	3,13	1,32	0,93	2,71
1-10	Stevia	<i>Lb. casei</i>	4,64	0,90	1,20	2,46
1-10	Stevia	<i>Lb. plantarum</i> + <i>casei</i>	4,08	1,08	1,53	2,95

Tabla 1. Promedios a las 48 horas de fermentación; valores de pH, acidez, °Brix y sólidos totales.

Los sólidos totales en el producto durante la fermentación disminuyeron, debido a su bioconversión para incrementar ácido láctico y a la utilización durante el crecimiento y metabolismo de los *Lactobacillus*, siendo reportado el mismo comportamiento por (Verna, 2010). En la Tabla 2 se observa cómo influyen las enzimas en la viscosidad a diferentes temperaturas.

Según Espitia (2009), a menudo se nombra las enzimas α-amilasas como enzimas licuantes, debido a su rápida acción para disminuir la viscosidad de las soluciones de almidón, reduce la viscosidad pues rompe los enlaces alfa 1-4 al azar y forma cadenas de glucosa de distintos tamaños. Los altos valores de los coeficientes de correlación establecen que en todos los gráficos hay armonía de sus valores (>0,90).

En las primeras 24 horas las bacterias de *Lb. plantarum* consumieron alrededor del 1% y a las 48 horas donde se finaliza la fase exponencial queda solo el 3% de azúcares totales. Sin embargo una vez agotada la fuente de energética, es capaz de aprovechar otros nutrientes como proteínas y grasas en el medio (Samaniego et. al, 2000), por lo que se recomienda que la fermentación no sea prolongada más allá de las 48 horas en donde se ha agotado prácticamente todo el sustrato.

3.3 Análisis Sensorial

En el ensayo se aplicó dos replicas, de las cataciones a los estudiantes semi-entrenados que cursan los últimos semestres de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, de la Universidad Técnica de Ambato a quienes se les solicito evaluar: color; siendo, 1 muy claro a 5 muy oscuro. Olor; 1 bastante perceptible a 5 nada perceptible. Sabor; 1 agrada mucho a 5 desagrada mucho. Acidez; 1 acidez apenas perceptible a 5 extremadamente ácido y aceptabilidad; donde 1 bastante aceptable a 5 nada aceptable, nótese los promedios de las cataciones en la Tabla 3. Además de un control, éste sin ningún tipo de aditivo, ni Lactobacillus.

Edul	Microorg.	5°C (Pa.s)	10°C (Pa.s)	20°C (Pa.s)	30°C (Pa.s)
F.	<i>Lb. plantarum</i>	2,34E-03	1,76E-03	1,25E-03	9,85E-04
F.	<i>Lb. casei</i>	1,71E-03	1,49E-03	1,15E-03	8,93E-04
F.	<i>Lb. plantarum</i>	2,07E-03	1,74E-03	1,29E-03	1,01E-03
F.	<i>Lb. casei</i>	1,96E-03	1,62E-03	1,22E-03	9,86E-04
S.	<i>Lb. plantarum</i>	1,97E-03	1,60E-03	1,27E-03	9,59E-04
S.	<i>Lb. casei</i>	1,75E-03	1,46E-03	1,03E-03	8,09E-04
F.	<i>Lb. plantarum</i>	1,89E-03	1,53E-03	1,22E-03	9,21E-04
F.	<i>Lb. casei</i>	1,67E-03	1,37E-03	1,12E-03	8,88E-04
F.	<i>Lb. plantarum</i>	1,80E-03	1,34E-03	1,11E-03	1,10E-03
F.	<i>Lb. casei</i>	1,29E-03	1,21E-03	1,00E-03	7,98E-04
S.	<i>Lb. plantarum</i>	1,86E-03	1,44E-03	1,15E-03	9,17E-04
S.	<i>Lb. casei</i>	1,71E-03	1,44E-03	1,11E-03	9,05E-04

Tabla 2. Valores promedio de viscosidad (Pa.s), con edulcorantes (Stevia (S), Fructosa (F)); 48 horas de fermentación, diferentes temperaturas en lacto-jugo de camote.

3.4 Análisis Estadístico

Los resultados mostraron diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre los tratamientos de los ensayos físicos y bioquímicos, el tratamiento que mostro cambios significativamente es con la cepa de *Lb. plantarum*, a una concentración 1-10 y con edulcorante stevia, consumo de sustrato

(2,71 %) generación de ácido láctico 1,32 g/l y disminución de pH (3,13).

Fumi et. al, (2010) indicaron que *Lb. plantarum* es una bacteria heterofermentativa, ésta posee una gran capacidad biocinética y una perfecta adaptación de medios abundantes en nutrientes y fuentes energéticas debido al tamaño de su genoma, el cual es 50% más grande que la mayoría de bacterias ácido lácticas presentando una gran capacidad metabólica (Vázquez, 2008), razón por la cual puede tener rendimientos mayores.

D2	Edulcorante	Microorganismo	C	O	S	A	Ac
1-5	Fructosa	<i>Lb. plantarum</i>	2	1	3	3	4
1-5	Fructosa	<i>Lb. casei</i>	3	2	3	3	4
1-5	Fructosa	<i>Lb. plantarum</i>					
1-5	Fructosa	<i>Lb. casei</i>	3	2	4	3	3
1-5	Stevia	<i>Lb. plantarum</i>	2	2	2	3	2
1-5	Stevia	<i>Lb. casei</i>	3	3	3	3	4
1-5	Stevia	<i>Lb. plantarum</i>					
1-5	Stevia	<i>Lb. casei</i>	3	3	3	3	2
1-10	Fructosa	<i>Lb. plantarum</i>	4	3	3	3	3
1-10	Fructosa	<i>Lb. casei</i>	4	3	3	3	3
1-10	Fructosa	<i>Lb. plantarum</i>					
1-10	Fructosa	<i>Lb. casei</i>	3	4	3	4	3
1-10	Stevia	<i>Lb. plantarum</i>	3	2	2	3	3
1-10	Stevia	<i>Lb. casei</i>	3	3	3	3	4
1-10	Stevia	<i>Lb. plantarum</i>					
1-10	Stevia	<i>Lb. casei</i>	2	3	3	3	4
Control			5	3	4	1	4

Tabla 3. Respuestas de evaluación sensorial, de los diferentes tratamientos. C: Color; O: Olor; S: Sabor; A: Acidez; Ac: Aceptabilidad.

En la evaluación sensorial se indicó que el tratamiento con concentración 1-10, edulcorante Stevia y *Lb. plantarum*, por parte de los catadores fue asignado en los atributos sabor, aceptabilidad, acidez, como: agrada mucho, bastante aceptable y débilmente ácido respectivamente.

Al mejor tratamiento se aplicaron los ensayos de análisis microbiológico, tiempo de vida útil, análisis proximal, cinético de crecimiento de los microorganismos iniciadores.

3.5 Calidad microbiológica

En la Fig. 2 y Fig. 3, se muestra el crecimiento de *Lb. plan-*

tarum tanto por conteo de colonias ufc/ml y por peso de sustrato g/ml. El crecimiento de microorganismos iniciadores presenta dos fases. Mismos resultados reportados en Agudelo et. al, (2010), una primera fase que va desde 0 hasta 24 horas de fermentación correspondiente a la fase exponencial en donde las células se reproducen sin limitación de sustancias nutritivas a velocidad máxima (Flores, 2000), seguida de una fase estacionaria hasta las 48 horas donde no se diferencia un aumento significativo en la densidad celular.

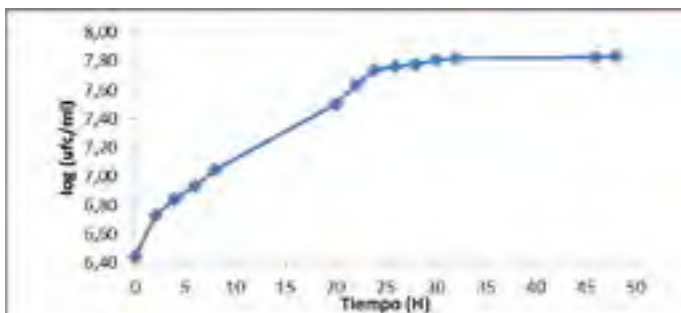


Figura 2. Crecimiento de bacterias ácido lácticas *Lactobacillus plantarum*; conteo de colonias (ufc/ml) vs tiempo (h).

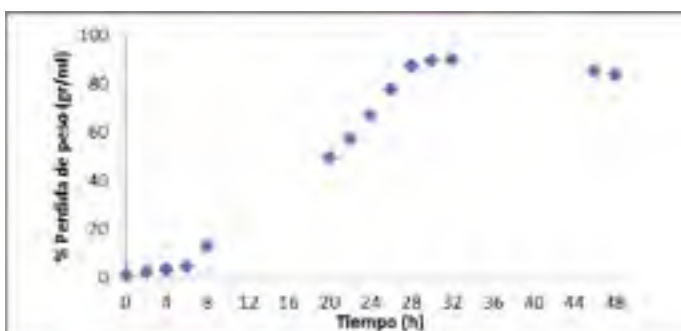


Figura 3. Crecimiento de microorganismos. *Lactobacillus plantarum*; pérdida de peso del sustrato (g/ml) vs tiempo (h)

Para la elaboración de este lacto-jugo fue importante alcanzar acidez y pH deseados por el proceso de fermentación, cabe recalcar este producto no contiene conservante y no fue pasteurizado.

Para el cálculo de vida útil, se realizó el recuento de mohos y levaduras a 5°C, 20°C, 30°C y mediciones de acidez a estas temperaturas, dichos análisis sirvieron para llegar a los niveles permitidos en la Norma INEN: 2395.

Al aplicar las regresiones lineales indicadas en la Fig. 4, con una correlación de 0,980, se estima que el tiempo de vida útil a 5 °C es de 17 días, la acidez (g de ácido láctico/100 g) se

controló cumpliendo la norma MERCOSUR 47/97, donde a los 15 días se encuentra dentro del rango establecido por dicha norma. Ésta temperatura es la adecuada para la conservación del lacto-jugo.

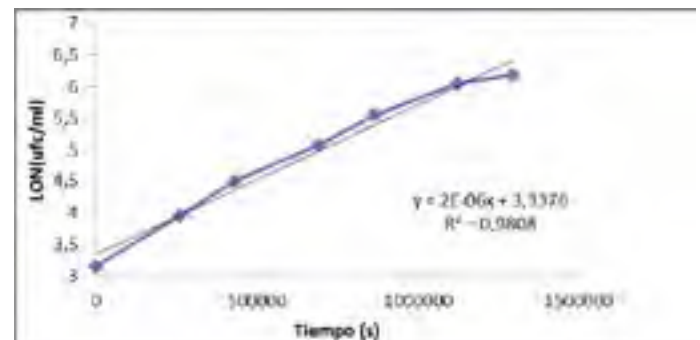


Figura 4. Tiempo de vida útil: Recuento de mohos y levaduras presentes en el mejor tratamiento a 5°C.

A 20°C una correlación de 0,9749 el tiempo de vida útil estimado fue de 7 días, en cambio con las mediciones de acidez (g de ácido láctico/100 g) para cumplir con los requisitos de la norma la vida útil se resume en 5 días.

A 30°C con una correlación de 1 se estima que el tiempo de vida útil tanto en acidez (g de ácido láctico/100 g) como en recuento microbiano es menor a tres días.

Acorde con las mediciones de vida útil, se realizó conteo de *Lactobacillus plantarum* donde a los 15 días se mantenía con $1,15 \times 10^7$ ufc/ml, cumpliendo así con lo mencionado por Colla (2004), indicando que los niveles mínimos de bacterias probióticas están presentes en estos productos a una concentración de 106 ufc/g.

4. Conclusiones /

Se emplearon microorganismos probióticos, *Lactobacillus plantarum* y casei, en la elaboración de un jugo a partir de camote, dichos microorganismos influyeron significativamente tanto en las propiedades físicas como en las bioquímicas e microbiológicas, al 95% de confianza se determinó el mejor tratamiento: concentración 1=10 con stevia y *Lactobacillus plantarum*, con un pH final de 3,13, acidez 1,3 (g de ácido láctico/10g) y 1,00 en °Brix, además se comprobó el efecto inhibitorio que tiene debido a la ausencia de coliformes fecales (<10) y *Staphylococcus aureus* (<10) en los lacto-jugos.

Referencias

- [1] Sánchez, D.; Combariza, A. 2006. Estudio De La Obtención De Un Alimento A Partir De Cultivos Biofortificados. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Químico. Santiago de Cali- Colombia
- [2] Yoon, Y.; Woodams, E.; Yong, H. 2007. Jugo de Tomate Probiótico con Bacterias Ácido Lácticas. Departamento de Nutrición y Alimentos, Yeungman University, Kyungsan. Departamento de Ciencias Y Tecnología de Alimentos, Cornell University, Geneva, NY. República de Corea, 712-749.
- [3] Luckow, T., Delahunty, C., 2004. Which juice is healthier. A consumer study of probiotic non-dairy juice drinks. Food Quality and Preference.
- [4] Kleerebezem, M. y Boekhorst, J. 2003. Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1. PNAS 100, 1990-1995
- [5] Probiotic. 2009. *Lactobacillus casei*. Consultado en: <http://www.probiotic.org/lactobacillus-casei.htm> (20/03/2012)
- [6] Marin, A. Z.; Cortés, R. M.; Montoya, O. C. 2009. Evaluación de la viabilidad de crecimiento de la cepa nativa *Lactobacillus plantarum* LPBM10 y la cepa comercial *Lactobacillus casei* ATCC 393 en pulpa de uchuva y en solución isotónica de glucosa. Consultado: redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve.. (01/08/12)
- [7] Steinkraus, K. H. 1997. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. Food Control., 8: 311-317.
- [8] International Starch Institute 2001. Sweet Potato. Science Park Aarhus. Denmark. <http://home3.inet.tele.dk/starch/isi/starch/sweetpotato.htm>
- [9] McFeeters, R.F. 2004. Fermentation microorganisms and flavor changes in fermented food. J Food Sci 69(1): 35-37.
- [10] Adams, M.R.; Nicolaidis, L. 1997. Review of the sensitivity of different food borne pathogens to fermentation. Food Control 8: 227-239.
- [11] Verna, E. 2010. Use of probiotics in gastrointestinal disorders: what to recommend?. Therap Adv Gastroenterol; 3(5): 307-319.
- [12] Espitia, L. 2009. Determinación de la concentración de alfa y beta amilasas comerciales en la producción de etanol a partir de almidón de cebada empleando *Saccharomyces cerevisiae*. Consultado en: www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis206.pdf (08/08/2012)
- [13] Samaniego, F.; Castillo, L. M. S.; Maryla. 2000. *Lactobacillus* spp.: Importantes promotores de actividad probiótica, antimicrobiana y bioconservadora. Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba.
- [14] Fumi M.D., Sibylle Krieger-Weber, Magali Délérís Bou, J.M. Heras, M. du Toit. 2010. Una nueva generación de bacterias malolácticas para vinos con pH elevado. Enoviticultura, ISSN 2013-6099, N°. 6, págs. 34-38
- [15] Vázquez, A.; 2008 Viabilidad y propiedades fisicoquímicas de leche fermentada probiótica. Tesis de grado para optar por el título Maestra en Ciencia de Alimentos. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Puebla, México.
- [16] Agudelo, C., Ortega, R., Hoyos, J. L. 2010. Determination of kinetic parameters of two lactic inoculums: *Lactobacillus plantarum* a6 and lactic acid bacterias of yogurt. Facultad de Ciencias Agropecuarias Vol 8 No. 2.
- [17] Flores, N. 2000. Elaboración de cultivos microbianos a partir de pasta de coco y su utilización para borregos en engorda. Tesis de grado para optar por el título Maestra en Ciencias pecuarias. Universidad de Colima. Postgrado interinstitucional de ciencias pecuarias.

CINÉTICA DEL SECADO EN LAS ALMENDRAS FERMENTADAS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) VARIEDAD CCN51

William Fabián Teneda Llerena

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
wf.teneda@uta.edu.ec

RESUMEN:

El propósito de esta investigación es presentar un análisis de la cinética del proceso de secado de los granos de cacao aplicando la Segunda Ley de Fick, para lo cual se trabajó con almendras de cacao con 8×10^{-3} m de espesor y una humedad inicial aproximada de 54%. Los factores considerados en el diseño experimental 2^4 fueron el tipo de secado (tendales y ambiente), presecado a 60°C por 3 horas, hoja de plátano y lavado de mucílago. Los factores que mostraron un efecto significativo en el coeficiente de difusividad, a un nivel de confianza del 95% fueron el tipo de secado y presecado a 60°C, por lo tanto, el tratamiento que produjo una más fácil remoción de agua en los granos de cacao fue $a_1b_0c_0d_1$ cuyo coeficiente de difusividad fue $2.06 \times 10^{-10} \pm 2.50 \times 10^{-11}$ m²/s correspondiente a secado al ambiente a 29.81 ± 2.60°C. Además, no se encontró diferencia significativa en la acidez total de los tratamientos resultantes, por ende estos resultados sirven de base para determinar las condiciones del secado al ambiente de los granos de cacao dentro de la Asociación de productores de Cacao APROCAI para mantener su calidad.

Palabras clave: secado, coeficiente de difusividad, granos de cacao, acidez total

ABSTRACT:

The aim of this research was to assess the kinetics of the drying process of cocoa beans by the application of Fick's Second Law. To do so, 8×10^{-3} m thickness cocoa beans with an initial moisture content of 54% were used. The experimental design 2^4 included the following factors; drying process type (sheet spread and environment), pre-drying at 60°C for 3 hours, usage of banana leaves, and mucilage washing. The factors which show a significant effect on the experimental diffusion coefficient at a confidence level of 95% were the drying process type and pre-drying at 60°C for 3 hours. Hence, the experimental treatment which released water from cocoa beans more easily was $a_1b_0c_0d_1$ which diffusion coefficient reached $2.06 \times 10^{-10} \pm 2.50 \times 10^{-11}$ m²/s when the drying process was performed at room temperature (29.81 ± 2.60°C). Furthermore, there was no significant difference in total acidity between treatments; therefore, these results constitute the basis to explore the best drying conditions for cocoa beans at room temperature at Association of Cocoa Producers APROCAI in order to maintain their quality.

Keywords: drying, diffusion coefficient, cocoa beans, total acidity

El autor agradece a la Universidad Técnica de Ambato -Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y al Centro de Investigaciones Científicas por financiar el proyecto a través; a la Asociación de productores de Cacao APROCAI junto con la colaboración oportuna de docentes y estudiantes de Séptimo, Octavo y Noveno semestre de esta distinguida institución que permitieron ejecutar el proyecto de vinculación con la colectividad en el periodo marzo 2011 – marzo 2012. De igual manera a la Dra. Cecilia Carpio, Ing. Ximena Mariño, Ing. Araceli Pilamala e Ing. Ms.C Juan de Dios Alvarado por el aporte técnico y científico en la presente investigación.

Artículo Recibido: 15 de agosto de 2013

Artículo Aceptado: 30 de noviembre de 2013

1. Introducción /

El cacao es de gran importancia en las actividades agrícolas del Ecuador, constituye el tercer producto de exportación que genera fuentes de trabajo directas e indirectas. Es parte esencial de la cotidianidad de muchas comunidades. Solo el 5% del cacao producido en el mundo es fino. De este porcentaje, más del 65% proviene del Ecuador, lo que lo convierte en el mayor productor de cacao fino en el mundo [1].

La necesidad de disminuir las pérdidas post-cosecha, además del valor agregado que puede adquirir un producto, son parámetros importantes a tomar en consideración en países en vías de desarrollo, especialmente ahora, cuando las necesidades de mayor producción de alimentos se han incrementado, y los ingresos de las clases sociales dedicadas al cultivo de productos agrícolas son bajos [2]. La cinética del secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material, y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo [3].

La práctica de secado del grano de cacao tiene como fin primordial detener la actividad enzimática. Durante este proceso ocurren además reacciones químicas que disminuyen el amargor y la astringencia en el grano de cacao. Generalmente la humedad se reduce del 45-60% (base húmeda) al finalizar la fermentación al 7-8% necesario para su manipulación y almacenamiento. Si la humedad final es menor, la almendra se torna quebradiza, y si es mayor puede sufrir infecciones futuras y permitir la proliferación de bacterias y hongos [4].

La velocidad y temperatura de secado son esenciales para mantener activas las reacciones de oxidación de alcoholes y la de otros compuestos producidos durante la fermentación del cacao, que son importantes para su sabor y aroma. Sin embargo, muchos de los problemas relacionados con la estabilidad de la almendra de cacao durante su almacenamiento están íntimamente relacionados con el contenido final de humedad y la actividad de agua [5].

Variables como el tiempo, temperatura y humedad establecen la efectividad del secado de cacao y permiten a la vez la posibilidad de disminuir el tiempo de secado industrial sin afectar las propiedades organolépticas, al modificar la humedad y la temperatura como lo demuestran pruebas experimentales de secado y análisis computacional utili-

zando el método de elementos finitos para estudiar el proceso de secado [6].

El proceso de secado de granos de cacao fermentado (*Theobroma cacao* L.) en un secador de bandejas con convección forzada de aire estableció que las cinéticas de secado se ajustaron a un modelo de tipo exponencial, observándose además el período de velocidad constante y el período de velocidad decreciente en dos etapas (períodos post-crítico I y post-crítico II) del proceso de secado para espesores de 1.03 y 2.41 cm [4].

Los datos de relación de humedad obtenidos desde el cambio de contenido de humedad con el tiempo de secado se ajustaron a un modelo de secado de dos capas delgadas con buenos resultados, a la vez la segunda ley de difusión de Fick permite predecir la difusividad efectiva usando datos experimentales, asumiendo que la variación de difusividad con la temperatura puede ser expresada por una función tipo Arrhenius, cuyos valores de difusividad obtenidos variaron de 6.137×10^{-10} a 2.1855×10^{-9} m² s⁻¹ para la temperatura usada [7]. El presente trabajo tiene por objetivo obtener datos de la cinética del secado de cacao fermentado (*Theobroma cacao* L.).

2. Materiales y/o Métodos /

Se empleó cacao (*Theobroma Cacao* L.) variedad CCN51 proveniente de la Asociación de productores de Cacao APROCAI, ubicado en el Cantón Cumandá de la provincia de Chimborazo-Ecuador, cuya altitud varía de 300 hasta 1900 msnm aproximadamente, con una temperatura promedio de 20° C. La metodología empleada en el presente trabajo, contempló la determinación de la humedad de equilibrio de los tipos de secado (tendales y ambiente) y la realización de las pruebas de secado de acuerdo al diseño experimental 24 planteado.

Para la determinación de humedad de equilibrio [xe] se inició con la medición de la humedad relativa y las temperaturas de ambos tipos de secado (tendales y ambiente) cada hora por el lapso de 44 horas, para su efecto se empleó el modelo matemático modificado planteado por Henderson:

$$x_e = \frac{1}{100} \left[\frac{\ln(1-\emptyset)}{-c_1(T+c_2)} \right]^{1/c_3}$$

Dónde: la humedad relativa • se expresa en decimal y la temperatura T en °C.

Los valores de los parámetros de la ecuación de Henderson modificada son 4.1942, 0.0 y 2.7296 correspondiente a c1, c2 y c3 respectivamente. Para obtener el peso seco del grano de cacao inicialmente se consideró factores como presecado a 60°C por 3 horas (sin y con), hoja de plátano (sin y con) y lavado del mucílago (sin y con) antes de ser colocados en el equipo de secado (tendales y ambiente), en donde el producto estaría sujeto a características ambientales de temperatura y humedad relativa fluctuantes entre 30.71±3.41°C y 59.00±9.18 [%] para tendales y 29.81±2.6°C y 58.57±8.93 [%HR] para el ambiente, expuestos durante 45 horas.

Para la medición del peso de las muestras se utilizó una balanza con un margen de error de ±0.001 g. Una vez obtenido el peso seco de los productos, se determina el contenido de humedad en base húmeda y a continuación la razón de contenido de humedad [x*] aplicando la siguiente ecuación:

$$x^* = \frac{x - x_e}{x_o - x_e}$$

Dónde x es el contenido de humedad en un instante cualquiera, xo es el contenido de humedad inicial. Para modelar la cinética de secado del grano de cacao se empleó la ecuación de la segunda ley de Fick, cuya solución en el caso de una placa plana, considerando que la migración de la humedad es causada por la difusión, sin encogimiento, y bajo coeficientes de difusión y temperatura constantes, es la siguiente [2]:

$$M_R = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \frac{8}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[\frac{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \right]$$

Normalmente, esta ecuación se puede simplificar considerando únicamente el primer término de la serie. De tal forma que obtenemos:

$$\ln \frac{M}{M_o} = \ln \frac{8}{\pi} - \left[\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \right]$$

Esta ecuación permite calcular la difusividad efectiva de un producto a través de graficar los datos experimentales del proceso de secado en términos del Ln (x*) contra el tiempo de secado, tal como se indica en la Figura 1.

El coeficiente de difusividad es una difusividad efectiva que engloba los efectos de todos los fenómenos que pueden intervenir en la migración o pérdida de agua y su valor es calculado siempre a través de un modelo matemático ajustando los valores experimentales. Puede entenderse la difusividad como la facilidad con que el agua es removida del material [3].

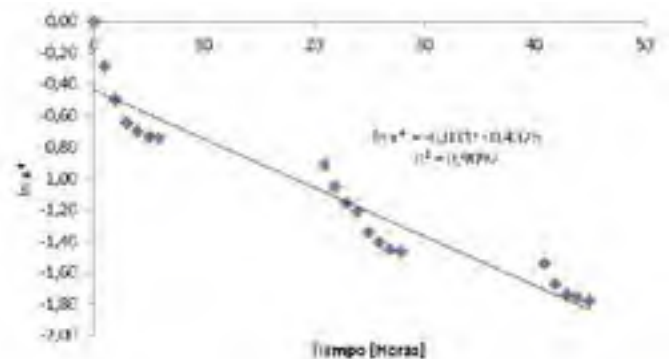


Figura 1. Relación del Ln x* con respecto al tiempo para el Secado al ambiente sin presecado a 60°C por tres horas sin hoja de plátano y con lavado de mucílago.

La determinación de acidez total mediante la norma INEN 381 fue realizada a diferentes tiempos (0, 4, 21, 25 y 41 horas) de cada una de las combinaciones resultantes en el estudio. Los resultados obtenidos permitieron la comparación de medias mediante el análisis de varianza empleando la prueba de Tukey (p ≤ 0.05) a través de la aplicación del paquete estadístico STATGRAPHICS CENTURION®.

3. Resultados /

En la Figura 2, se observa que el secado tanto al ambiente como en tendal no presenta diferencia significativa en la relación entre humedad relativa [%] y temperatura [°C] durante las 44 horas aplicadas al proceso, por lo que mediante la ecuación de Henderson modificada, se estableció los valores de humedad de equilibrio (xe) de los dos tipos de secado a emplearse en el estudio (ambiente y tendal) cuyos valores fueron 1.631* 10-03 y 1.640* 10-03 respectivamente. El contenido inicial de humedad de los granos de cacao fue de alrededor del 54% antes del secado.

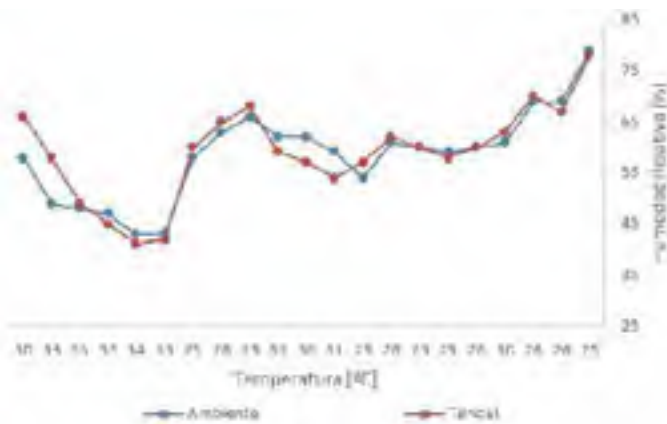


Figura 2. Relación Humedad Relativa [%] y Temperatura [°C] de los tipo de Secado (tendal y ambiente) a emplearse

En la Figura 3 se presenta la variación del contenido de la humedad en granos de cacao en función del tiempo de secado de los tratamientos más significativos de las combinaciones resultantes en el estudio.

Se aprecia que el tratamiento (a1b0c1d0) que corresponde a secado al ambiente sin presecado (60°C por 3 horas) con hoja de plátano y sin lavado de mucílago tuvo menor contenido de humedad (5 g. de agua por g de producto) sin embargo el tratamiento más idóneo fue el secado al ambiente sin presecado (60°C por 3 horas) con hoja de plátano y con lavado de mucílago cuyo valor fue 7.8 g de agua por g de producto, lo cual está dentro del rango 7% – 8% de humedad que se requiere para la manipulación y almacenamiento del grano de cacao.

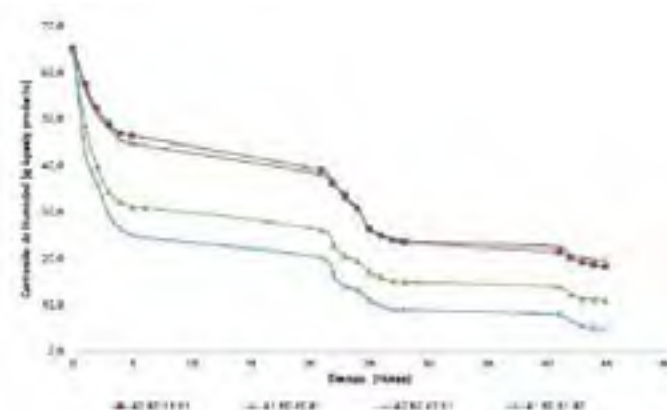


Figura 3. a0= Tendales; a1= Ambiente; b0= Sin presecado (60°C por 3 horas); b1= Con presecado (60°C por 3 horas); c0= sin hoja de plátano; c1= con hoja de plátano; d0= sin lavado de mucílago; d1= con lavado de mucílago

A la vez se observó que los granos de cacao secados en tendales son los que presentaron mayor contenido de humedad oscilando entre 11g – 21 g agua / g. producto.

Posteriormente, a partir de la aplicación de la Segunda Ley de Fick, se estableció el valor del coeficiente de la difusividad efectiva para los granos de cacao, cuyos resultados se enlistan en la Tabla 1 con altos valores de R2, al presentarse diferencia significativa entre réplicas a un nivel de confianza de 95%.

Tabla 1. Valores de la difusividad efectiva para granos de cacao.

TRATAMIENTO	REPLICA I	REPLICA II	R ²
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	4.11E-11	4.76E-11	0.924
a ₀ b ₁ c ₁ d ₁	4.11E-11	4.61E-11	0.907
a ₁ b ₀ c ₁ d ₁	6.56E-11	2.69E-10	0.826
a ₀ b ₀ c ₁ d ₁ *	1.37E-10	1.83E-10	0.938
a ₁ b ₁ c ₀ d ₁	4.40E-11	4.68E-11	0.936
a ₀ b ₁ c ₀ d ₁	3.53E-11	3.75E-11	0.789
a ₁ b ₀ c ₀ d ₁ *	1.88E-10	2.23E-10	0.902
a ₀ b ₀ c ₀ d ₁ *	1.51E-10	1.69E-10	0.928
a ₁ b ₁ c ₁ d ₀	4.32E-11	4.90E-11	0.881
a ₀ b ₁ c ₁ d ₀	3.17E-11	3.67E-11	0.825
a ₁ b ₀ c ₁ d ₀ *	1.82E-10	3.27E-10	0.903
a ₀ b ₀ c ₁ d ₀	1.17E-10	1.53E-10	0.917
a ₁ b ₁ c ₀ d ₀	7.21E-12	7.21E-12	0.100
a ₀ b ₁ c ₀ d ₀	3.46E-11	3.67E-11	0.866
a ₁ b ₀ c ₀ d ₀	1.35E-10	1.52E-10	0.852
a ₀ b ₀ c ₀ d ₀	1.20E-10	1.32E-10	0.917

*Valores más significativos de coeficiente de difusividad

Por consiguiente se aprecia que los tratamientos que presentaron mayor facilidad de remoción de agua en los granos de cacao fueron a0b0c1d1, a1b0c0d1, a0b0c0d1 y a1b0c1d0, de los cuales se destaca el tratamiento a1b0c0d1 cuyo valor de coeficiente de difusividad fue $2.06 \cdot 10^{-10} \pm 2.50 \cdot 10^{-11}$ m²/s muy diferente al reportado en secado natural y artificial de cacao ecuatoriano de $6.67 \cdot 10^{-10}$ y $7.68 \cdot 10^{-10}$ m²/s respectivamente [8], por lo que se confirma que este valor varía conforme cambian las condiciones de secado (temperatura y velocidad del aire), sin depender de modo exclusivo del material.

En literatura se han publicado datos en los últimos 15 años sobre valores de coeficientes de difusión de algunos materiales comunes, y señalan que la difusividad de los ali-

mentos normalmente se ubica en un rango de 10-13 a 10-6 m2/s, y la mayoría de ellos (82%) están acumulados en la región de 10-11 a 10-8 por lo que se asume que los valores obtenidos son aceptables al estar dentro del rango de valores comunes reportados por otros investigadores [9].

Estadísticamente se determinó que el tipo de secado y presecado (60°C por 3 horas), tienen un efecto significativo sobre el coeficiente de difusividad con un 95.0% de nivel de confianza. Con respecto a la valoración de acidez total [g de ácido esteárico (C18H36O2) /litro de muestra] se obtuvo que a partir de las 21 horas recién se observa variación de este valor, que en algunos casos se mantiene constante hasta culminar el proceso de secado, tal como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Variación de Acidez Total [g/L] en los respectivos tratamientos.

TRATAMIENTO	TIEMPO [HORAS]				
	0	4	21	25	41
a ₀ b ₀ c ₀ d ₀	2.84E-03	2.84E-03	4.27E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₁ b ₀ c ₀ d ₀	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₀ b ₁ c ₀ d ₀	5.69E-03	5.69E-03	8.53E-03	8.53E-03	8.53E-03
a ₁ b ₁ c ₀ d ₀	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	9.96E-03	9.96E-03
a ₀ b ₀ c ₁ d ₀	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	8.53E-03	8.53E-03
a ₁ b ₀ c ₁ d ₀	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₀ b ₁ c ₁ d ₀	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₁ b ₁ c ₁ d ₀	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	8.53E-03	8.53E-03
a ₀ b ₀ c ₀ d ₁	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₁ b ₀ c ₀ d ₁	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	8.53E-03	8.53E-03
a ₀ b ₁ c ₀ d ₁	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₁ b ₁ c ₀ d ₁	2.84E-03	2.84E-03	4.27E-03	5.69E-03	8.53E-03
a ₀ b ₀ c ₁ d ₁	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₁ b ₀ c ₁ d ₁	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	5.69E-03	8.53E-03
a ₀ b ₁ c ₁ d ₁	2.84E-03	2.84E-03	4.27E-03	5.69E-03	5.69E-03
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	2.84E-03	2.84E-03	4.27E-03	8.53E-03	8.53E-03

a0= Tendales; a1= Ambiente; b0= Sin presecado (60°C por 3 horas); b1= Con presecado (60°C por 3 horas); c0= sin hoja de plátano; c1= con hoja de plátano; d0= sin lavado de mucílago; d1= con lavado de mucílago

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa de los factores de estudio (tipo de secado, presecado, hoja de plátano y lavado de mucílago) sobre el valor de acidez total con un 95.0% de nivel de confianza, sin embargo en estudios similares se presentó diferencia significativa entre la condición de fermentación y tipo de secado presentando valores de 0.124 meq NaOH/ g en secado natural y 0.169 meq NaOH/ g en secado artificial, mientras que en otros estudios se menciona valores de 0.316 y 0.438124 meq NaOH/ g respectivamente, de igual manera en muestras

de cacao ecuatoriano se presentó un valor de 0.109 meq NaOH/ g y el rango de variación entre genotipos de cacao está comprendido entre 1.10 a 1.51 (±0,15) de meq de NaOH/ g de muestra.

En el secado, el pH se incrementa debido a la pérdida de ácidos conjuntamente con la evaporación del agua. Además, los compuestos fenólicos disminuyen por difusión fuera del cotiledón y por la formación de complejos con las proteínas y los polisacáridos.

4. Conclusiones /

Se determinó que el tipo de secado (tendal y ambiente) y presecado afecta significativamente al coeficiente de difusividad efectiva de los granos de cacao durante el proceso de secado, encontrando excelente concordancia con valores reportados en estudios de secado en alimentos. El mejor proceso de secado se encontró en secado al ambiente sin presecado (60°C por 3 horas) con hoja de plátano y con lavado de mucílago, siendo las condiciones adecuadas de secado de los granos de cacao dentro de la Asociación de productores de Cacao APROCAI para mantener la calidad del mismo.

Referencias /

- [1] El Plan de Cacao, producción social y ambientalmente responsable (2011). Nestlé, Good food, Good life. Disponible en:<<http://ww1.nestle.com.ec/csv/desarrollo-rural/plancaca> o> Consultado: 07/2013
- [2] Hernández, J., Quinto, P., Flores, F., Acosta, R., & Aguilar, J. O. (2010). Cinética del Secado de Productos Agrícolas. XII Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y Sistemas, 308-312. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional. México DF.
- [3] Giraldo-Zúñiga, A.D., Arévalo-Pinedo, A., Ferreira Silva, A., Ferreira Silva, P., Valdés-Serra, J.C. & De Menezes Pavlak, M.C. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. Ciênc. Tecnol. Aliment., Vol.30, N.1, 179-182
- [4] Lara, B. G. (2011). Evaluación del proceso de secado de granos de cacao fermentado, en un secador de bande-

jas con convección forzada de aire. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente, Barcelona, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico.

- [5] Liendo, R. J. (2005). El secado del cacao. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay (Venezuela). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias
- [6] Tinoco, H. A., & Ospina, D. Y. (2010). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Revista EIA. Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 53-63.
- [7] Chinenye, N. M., Ogunlowo, A. S., & Olukunle, O. J. (2010). Cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) drying kinetics. *Chilean Journal of Agricultural Research*, Vol. 70, 633-639.
- [8] Gaibor N., A. J. (1991). Fermentación y Secado de tres variedades de Cacao cultivadas en Ecuador. Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- [9] Marinos-Kouris, D., & Maroulis, Z. B. (1995). Transport properties in the drying of solids. *Handbook of industrial drying*, Vol. 1, 113-159.
- [10] Chaiseri, S. & Dimick, P.S. (1989). Lipid and hardness characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society* Vol. 66 N.12, 1771-1776.
- [11] Pérez E., Á. C. (2002). Caracterización Física y Química de Granos de Cacao. *Agronomía Tropical* Vol. 52, N. 2, 161-172.

EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL FRUTO DE FRESA (*FRAGARIA VESCA L.*) EN ALMACENAMIENTO, EN EL CANTÓN CEVALLOS DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Jorge Enrique Dobronski Arcos

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
jdobronski@uta.edu.ec

RESUMEN:

Los productores agrícolas de la provincia de Tungurahua buscan permanentemente nuevas alternativas rentables para sustituir la producción tradicional de sus campos y una de ellas es la fresa *Fragaria vesca L.* cultivar Oso Grande, por ser un cultivo de ciclo corto, alta intensidad y rentabilidad. El desconocimiento del tiempo adecuado de almacenamiento y las características pomológicas de la fresa, constituyen un gran problema para el agricultor, reduciendo la apreciación y valor de la fruta en el mercado nacional. El estado fisiológico de la fresa tiene un efecto sobre el tiempo de almacenamiento y sus características físico químicas, debido a que es un fruto no climatérico; por tanto su madurez organoléptica se produce cuando aún está unida a la planta. Su almacenamiento en cuarto frío presenta mejores resultados frente al almacenamiento al ambiente para: peso fresco, firmeza de fruta, sólidos solubles, pH y descripción de daños. Los mejores tiempos de almacenamiento se determinaron en las variables peso fresco y firmeza de fruta al primer día. En los sólidos solubles 13.3% a los 20 días. El pH es de 3,53 en el día 5. La variable daños al día uno en todos los tratamientos y en cámara fría hasta los 5 días con un valor de 0%. El estado fisiológico de cosecha manifestó los mejores resultados, para todas las variables, cuando la fruta fue cosechada con 75% de madurez.

Palabras clave: Fenología, fresa, poscosecha, embalaje, almacenamiento.

ABSTRACT:

Farmers of Tungurahua seek permanently new cost-effective alternatives to replace the traditional production of their fields, and one of them is the strawberry *Fragaria vesca L.* var. Oso Grande, due to the fact that it is short cycle crop, of high-intensity and profitability. The lack of awareness of adequate time for storage and the fruit's characteristics, constitute a major problem for the farmer, reducing the appreciation and value of the fruit in the domestic market. The physiological state of the strawberry has an effect on the time of storage and the physical - chemical characteristics, because it is a not a climateric fruit; hence its organoleptic maturity occurs when still is linked to the plant. Cold-storage presented better results than environment storage for: fresh weight, firmness of fruit, soluble solids, pH and damage description. The best storage times were identified in the variables: fresh weight and strength of fruit on the first day. On soluble solids 13.3% on day 20. pH is 3.53 on day 5. The variable damage on day one in all treatments and in cold-storage until 5 days with a value of 0%. The physiological state of harvest stated the best results for all variables when the fruit was harvested with 75% of maturity.

Keywords: Phenology, strawberry, postharvest, packing, storage

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

1. Introducción /

La fresa tiene su origen en Europa y se la puede encontrar cultivada en la mayor parte del mundo donde la agricultura es posible. En el Ecuador está naturalizada en los lugares frescos de climas templados y fríos de la serranía ecuatoriana. En forma cultivada se puede encontrar otra especie originaria de la parroquia de los Huachis del cantón Ambato conocida como frutilla de Huachi (*Fragaria chilensis* Duchesne), un cultivo que fue el orgullo de este sector frutícola y de la provincia de Tungurahua. Se diferencia de la *Fragaria vesca* L. por presentar hojas notablemente más grandes y numerosas que las inflorescencias, textura gruesa, mayor pubescencia en el envés y los aquenios o frutos más compactos de gran aroma y sabor, con especial adaptación a suelos arenosos pobres y bien drenados.

En la actualidad, los fruticultores de Tungurahua, ya no dependen de los frutales mayores para su sustento, lo que ocasionó problemas sociales como la emigración a la ciudad y otros países; sin embargo, los que todavía practican la actividad agrícola están en permanente búsqueda de nuevas alternativas que les permita sobrevivir en base a la sustitución por cultivos ecológicamente factibles y rentables, siendo la fresa, *Fragaria vesca* L. cultivar Oso Grande, una de las opciones más idóneas que se plantea, ya que es un cultivo de ciclo corto, alta intensidad, alta rentabilidad y que prospera con éxito en ecologías bastante similares a la zona de Huachi.

En el Ecuador los productos agrícolas al ser mal manejados, presentan una baja calidad y acortan su vida útil, impidiendo que estén al alcance de mercados exigentes y lejanos. Se debe analizar la conveniencia de invertir en un mejor manejo postcosecha, antes de pensar en el incremento de áreas de cultivo. Es muy importante tener en cuenta que el manejo postcosecha no puede mejorar la calidad del producto cosechado, es decir, que el buen manejo agrícola es de primordial importancia.

La importancia de los productos agrícolas en la economía y en la alimentación de los pueblos está relacionada con las exigencias del mercado nacional e internacional, lo que demanda el desarrollo de tecnología contemporánea en los procesos de producción, manejo agronómico, conservación y comercialización. Además, exige un amplio conocimiento de las propiedades físicas, químicas, térmicas y mecánicas de las frutas, información indispensable

para manejar adecuada y eficientemente las operaciones de recolección, clasificación, limpieza, empaque, almacenamiento, asegurando una excelente calidad para su mercado. El desconocimiento del tiempo adecuado de almacenamiento y las características pomológicas de la fresa, constituyen un gran problema para el agricultor, reduciendo la apreciación y valor de la fruta en el mercado nacional.

2. Objetivos /

Estudiar las características físico-químicas de la fresa (*Fragaria vesca* L.) variedad Oso Grande Mejorada.

Establecer el estado óptimo de cosecha.

Determinar el recipiente adecuado y el tiempo de almacenamiento tanto al ambiente como en frío.

3. Materiales /

Material experimental

Frutos de fresa variedad Oso Grande, cuarto frío y cuarto de conservación al ambiente.

Material y equipo de laboratorio

Balanza digital, pH metro, penetrómetro manual, atlas de color Koppers, refractómetro, termómetros de máximas y mínimas.

Otros materiales

Tarrinas, etiquetas, cuchillo, empaque de polipropileno, libro de campo, equipo informático y cámara fotográfica.

4. Metodología /

4.1 Ubicación del ensayo

Este ensayo se realizó en la Granja Experimental Docente Querochada, de la Facultad de Ingeniería Agronómica, de la Universidad Técnica de Ambato, localizada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, cuyas coordenadas geográficas son 01o 25' 00" de latitud Sur y 78o 35' 22" de longitud Oeste. Se encuentra a una altitud de 2760 msnm, con una temperatura media anual de 12,85°C, 73% de humedad relativa-HR y a 16 km, al Sur Oeste de la ciudad de Ambato.

El cuarto frío que se utilizó, mantuvo la temperatura de 4° C y una humedad relativa del 90%, presenta una dimen-

sión de 3,4 metros de ancho por 3 m. de largo y una altura de 2,2 m. y está construido con poliuretano, con paredes de aluminio y dentro de un cuarto de mampostería. El control se realizó en forma periódica, revisando la temperatura, humedad relativa, circulación de aire y el espacio entre repeticiones; con el objeto de que exista una adecuada ventilación.

4.2 Factores de estudio

Tipo de almacenamiento

A1 Al ambiente (12.85 oC; 73% HR)

A2 En cuarto frío (4 oC; 85 - 90% HR)

Estados de cosecha

E1 Frutos con un 50% de color rojo

E2 Frutos con un 75% de color rojo

Tipos de embalaje

T1 Sin cubierta

T2 Con cubierta

4.3 Tratamientos

Los tratamientos constituyeron la combinación del tipo de almacenamiento, estados de cosecha y tipos de embalaje, como se muestra en el cuadro 1.

Tratamientos		Tipo de almacenamiento	Estados de cosecha	Tipos de embalaje
No	Símbolo			
T1	A1E1T1	Al ambiente	50% de color rojo	Sin cubierta
T2	A1E1T2	Al ambiente	50% de color rojo	Con cubierta
T3	A1E2T1	Al ambiente	75% de color rojo	Sin cubierta
T4	A1E2T2	Al ambiente	75% de color rojo	Con cubierta
T5	A2E1T1	En cuarto frío	50% de color rojo	Sin cubierta
T6	A2E1T2	En cuarto frío	50% de color rojo	Con cubierta
T7	A2E2T1	En cuarto frío	75% de color rojo	Sin cubierta
T8	A2E2T2	En cuarto frío	75% de color rojo	Con cubierta

Cuadro 1. Tratamientos

4.4 Análisis

Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) con arreglo factorial 2 x 2 x 2, con 3 repeticiones, para las variables estudiadas. Cuando existieron diferencias estadísticas significativas, se aplicó la prueba Diferencia Mínima Significativa (D.M.S) al 5% para comparar los factores principales: tipo de almacenamiento, estados de cosecha, y tipos de embalaje; así como, Tukey al 5% para las interacciones entre estos factores.

Económico

Se realizó el análisis de beneficio/costo, de cada uno de los tratamientos, se consideraron únicamente los costos directos del ensayo: valor de frutos, bandejas, tarrinas y el arrendamiento de cuarto frío y bodega.

4.5 Variables evaluadas

Pérdida de peso del fruto

Se procedió a pesar en una balanza de precisión al inicio y al final de cada lectura, efectuando lecturas a los 5, 10, 15 y 20 días del inicio del ensayo, obteniendo la pérdida de peso por diferencia, se expresó en porcentaje.

Pérdida de firmeza de la pulpa

Se determinó con un penetrómetro manual, de un fruto tomado al azar, con lecturas al inicio, 5, 10, 15 y 20 días. La pérdida de firmeza se obtuvo por diferencia de lecturas, expresando los resultados en porcentaje.

Concentración de sólidos solubles (SS)

Mediante un refractómetro Brix calibrado a 20 oC y con una escala de 0-32%, se procedió a extraer una gota del jugo de tres frutos de la unidad experimental y lecturas a los 5, 10, 15 y 20 días, se expresó en grados Brix.

Color del fruto

Se obtuvo mediante apreciación visual, comparando con los colores establecidos en el atlas de color de Koppers, de los frutos de cada tratamiento, con lecturas al inicio, 5, 10, 15 y 20 días.

El valor que se repitió con mayor frecuencia se consideró como resultado del tratamiento y repetición respectiva.

pH

Con el jugo de los frutos de cada unidad experimental, se midió el pH. Efectuando lecturas al inicio del ensayo, así como a los 5, 10, 15 y 20 días.

Descripción visual de daños

La descripción de daños físicos como: agrietamientos, magulladuras, golpes, raspaduras, pudriciones, manchas, mohos, arrugamientos; por efecto de la conservación, se lo hizo visualmente, a los 5, 10, 15 y 20 días, mediante la siguiente escala: 0% = Sano, 25% = Leve, 50% = Medio, 75% = Severo y 100% = Total.

5. Resultados y Discusión

5.1 Pérdida del peso del fruto

Se analizó a los 5, 10, 15 y 20 días con pérdidas que variaron entre 0,2% y 15,8% y un promedio de 7,4% a los 5 días; entre 5% y 32,5% con un promedio de 18,2% a los 10 días; y entre 11,5% y 44,6% con un promedio de 27,5% a los 15 días.

Los coeficientes de variación fueron de 45,4%, 25,8% y 16,8%, respectivamente; el alto porcentaje evidenciado se produjo por la diversidad de frutos con los que se trabajó y el alto grado de dificultad que presentó esta variable en el momento de la toma de datos.

A los 5 y 10 días el tratamiento 8 reportó una menor pérdida, con promedios de 0,2% y 5%, respectivamente; producto de la mejor conservación de los frutos, en tanto que a los 15 días el tratamiento 6 fue el que reportó la menor pérdida con un promedio de 11,5%; mientras que el tratamiento 1, reportó los frutos con mayor pérdida de peso. Información referida en los cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Análisis de varianza, pérdida de peso del fruto a los 5, 10 y 15 días

Fuente de Variación	g.l.	A los 5 días		A los 10 días		A los 15 días	
		C.M.	Fc	C.M.	Fc	C.M.	Fc
Total	23						
Tratamientos	7	133,44	11,98**	276,36	12,55**	336,04	15,80**
Almacenamiento (A)	1	15,55	31,81**	952,31	96,71**	855,02	267,52**
Estados (E)	1	0,84	1,73 ^{ns}	0,19	0,02 ^{ns}	53,25	16,67**
Embalaje (T)	1	1082,19	2213,35**	1163,16	118,13**	1362,78	426,39**
A x E	1	0,01	0,01 ^{ns}	1,03	0,10 ^{ns}	66,30	20,74**
A x T	1	4,90	10,01**	7,62	0,77**	228,23	71,41**
E x T	1	0,80	1,63 ^{ns}	1,02	0,10 ^{ns}	17,09	5,35*
A x E x T	1	0,21	0,43 ^{ns}	3,89	0,39 ^{ns}	58,75	18,38**
Error Experimental	16	11,14		9,85		21,27	
Coefficiente de variación		45,41%		25,79%		16,79%	

*significativo al 5%; **significativo al 1%; ns no significativo

Cuadro 3. Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, pérdida de peso del fruto a los 5, 10 y 15 días

Tratamiento		Promedios (%) y rangos		
No.	Símbolo	A los 5 días	A los 10 días	A los 15 días
1	A1E1T1	15.80 c	32.51 d	43.50 c
2	A1E1T2	0.91 a	17.07 cd	23.70 bc
3	A1E2T1	14.84 c	31.53 d	44.60 c
4	A1E2T2	1.06 ab	16.87 abc	21.92 b
5	A2E1T1	13.07 bc	17.57 abc	25.20 bc
6	A2E1T2	0.37 a	5.99 ab	11.48 a
7	A2E2T1	12.55 bc	19.02 bcd	26.69 bc
8	A2E2T2	0.20 a	5.00 a	22.60 b

Los frutos que se encontraban en la bandeja con cubierta experimentaron menor pérdida de peso del fruto con promedios de 0,63% a los 5 días, 11,23% a los 10 días y 19,92% a los 15 días; en tanto que los frutos que se encontraban en las bandejas sin cubierta, reportaron mayor pérdida de peso; se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Prueba Diferencia Mínima Significativa al 5% para el factor tipo de embalaje, pérdida de peso del fruto a los 5, 10 y 15 días

Tipo de Embalaje	Promedios (%) y rangos		
	A los 5 días	A los 10 días	A los 15 días
Con cubierta	0,63 a	11,23 a	19,92 a
Sin cubierta	14,06 b	25,15 b	35,00 b

La lectura de pérdida de peso a los 20 días se realizó únicamente en los tratamientos de conservación en cuarto frío, por cuanto los tratamientos de conservación al ambiente se desecharon por presentar frutos con más del 75% de daños físicos.

De los datos obtenidos se afirma que la conservación del fruto de fresa en cuarto frío, produjo mejores resultados que los conservados al ambiente, su fundamento es la acción del frío y el enriquecimiento de la atmósfera con CO2 reduciendo los procesos respiratorios de la fruta y el empobrecimiento de O2, lo que permite una menor pérdida de peso. La cubierta plástica usada en el experimento dio como resultado menor pérdida de peso, producto de la protección a los frutos y evita la pérdida de agua. El almidón que representa en promedio del 2 al 40% del peso seco de los productos agrícolas, al degradarse menos por efecto del embalaje, evitó una substancial pérdida de peso de los frutos, conservándose frescos por más tiempo; otro efecto provocado por la cubierta plástica fue el control de la respiración, disminuyendo la oxidación de sus propias reservas de almidón y de otros metabolitos, que son en gran parte los causantes de la pérdida de peso.

5.2 Pérdida de firmeza de la pulpa

A los 5 días existieron pérdidas en promedio que van de 9,9% a 71,7% y una media general de 41,8%, evidenciando diferencias estadísticas significativas a nivel del 1% entre tratamientos, así como para el tipo de almacenamiento; el

coeficiente de variación fue de 23,4% dado por la heterogeneidad de frutos. La pérdida de firmeza de la pulpa a los 10, 15 y 20 días se evaluó únicamente en los tratamientos de conservación en cuarto frío, ya que el resto de tratamientos fueron desechados por presentar los frutos más del 75% de daños físicos, impidiéndose la toma y registro de datos. Se puede afirmar que a los 10 días de almacenamiento se pierde en promedio un 23% de su firmeza inicial, a los 15 días se pierde 63,7% y a los 20 días un 95,2%.

De la evaluación estadística se puede apreciar que, existieron diferencias a los 5 días en los ambientes de conservación, no así para el factor estados de cosecha y tipo de embalaje. Se observó que los frutos sometidos a la conservación en cuarto frío, experimentaron un promedio de 53,3% de menor pérdida de firmeza que los frutos conservados al ambiente. Se puede afirmar que en el cuarto frío existe una mejor conservación de los frutos de fresa variedad Oso Grande llegando a almacenar por un periodo de 5 días en donde existe menor pérdida en un promedio de 15,2% de su firmeza inicial, con estos resultados se puede deducir que con un índice de madurez del 75% y con cubierta plástica existe una pérdida de firmeza del 9,85% que no se considera significativa.

La cubierta plástica usada en el experimento dio como resultado una menor pérdida de firmeza de la pulpa producto de la protección que da a los frutos, evitando una menor pérdida de agua, disminuyendo en gran parte la respiración de los frutos y el gasto de reservas; otro efecto que se observó con la utilización de la cubierta plástica fue la disminución considerable en el ablandamiento del tejido que ocurre durante el proceso de maduración, el mismo que está relacionado con la rotura de la estructura organizada de la célula primaria y de las paredes, lo que ocasiona la pérdida de firmeza de la pulpa.

5.3 Sólidos Solubles

El análisis de los grados Brix a los 5 días reportó diferencias estadísticas altamente significativas para tipos de embalaje y almacenamiento, con un coeficiente de variación de 14,35%, que brinda confiabilidad a los datos obtenidos. La concentración de sólidos solubles en las lecturas a los 10, 15 y 20 días se pudo evaluar únicamente en los tratamientos de conservación en cuarto frío, por cuanto el resto fueron desechados por presentar, los frutos, más del 75% de daños físicos, impidiendo la toma y registro de informa-

ción. Con los datos obtenidos se puede mencionar que con un índice de madurez del 75% de color rojo en los frutos y sin cubierta plástica, el promedio de grados Brix es mayor que en los demás tratamientos del cuarto frío en sus tres lecturas, con promedios de 11 a los 10 días; 10,7 a los 15 días y 12,1 a los 20 días.

Los resultados encontrados permiten deducir que los frutos sometidos a la conservación del cuarto frío, experimentaron mayor concentración de azúcares con un promedio de 1,6 grados Brix, más que los frutos conservados al ambiente. A diferencia de las dos variables anteriores (pérdida de peso y pérdida de firmeza) al analizar el factor embalaje en las lecturas a los 5 días los frutos almacenados en tarinas sin cubierta plástica experimentan una mayor concentración de azúcares, con un valor de 1,29 grados Brix, que los frutos conservados con cubierta. La cubierta plástica usada en el experimento dio como resultado una menor concentración de sólidos solubles producto de la protección brindada, en los tratamientos sin cubierta o protección se aumentó la oxidación de sus propias reservas acelerando los procesos de transformación de almidones en azúcares.

5.4 Color del fruto

El color de los frutos para los dos ambientes de conservación se muestra en el Cuadro 5, observando que en la conservación al ambiente, solo se pudo registrar datos hasta la lectura a los 5 días porque los daños físicos impidieron reconocer el color. En los frutos con un 50% del color rojo con cubierta plástica, la coloración amarillenta disminuyó hasta llegar a un 20%, mientras que las coloraciones magenta y cian se mantuvieron con un valor de 80%; en el mismo estado de cosecha, pero sin cubierta plástica, las coloraciones amarillenta y magenta aumentaron considerablemente, en tanto que el color cian se mantuvo. En los frutos con un índice de madurez del 75% del color rojo con cubierta plástica los colores amarillo, magenta y cian incrementaron su intensidad; en tanto que en el mismo estado de cosecha sin cubierta plástica se observó la misma tendencia.

En el cuarto frío, los frutos cosechados con el 50% del color rojo con cubierta plástica, presentaron aumento en las coloraciones amarillenta y magenta hasta llegar a un 99% y 80%, respectivamente y el color cian se mantuvo; en el mismo estado de cosecha, pero sin cubierta plástica la coloración amarillenta se mantuvo, el color magenta dismi-

nuyó ligeramente y el color cian aumentó a un 10%; en los frutos con un índice de madurez del 75% del color rojo con cubierta plástica las coloraciones amarillenta y magenta se mantuvieron, en tanto que el color cian aumento levemente; y sin cubierta plástica hubo incremento en el color amarillo hasta un 99%, mientras el magenta se mantuvo y el cian disminuyó a un 10%.

Los resultados permiten deducir que en los frutos en la conservación al ambiente, el color independiente del estado de cosecha, tiende a decrecer; en tanto que en la conservación en cuarto frío los colores generalmente se mantienen o incrementan ligeramente, sin experimentar aumentos considerables que afectan la presentación del fruto.

Cuadro 5. Color del fruto

Tratamientos		Lecturas				
No.	Símbolo	Inicio	5 días	10 días	15 días	20 días
Conservación al ambiente						
1	A1E1T1	A70M80C20	A20M80C20			
2	A1E1T2	A50M50C10	A90M99C10			
3	A1E2T1	A40M90C30	A90M99C50			
4	A1E2T2	A40M80C40	A90M90C99			
En cuarto frío						
5	A2E1T1	A80M60C00	A99M70C00	A99M70C00	A99M70C00	A99M80C00
6	A2E1T2	A99M90C00	A99M90C00	A99M80C00	A99M70C00	A99M80C10
7	A2E2T1	A80M99C20	A80M99C20	A80M99C30	A80M99C30	A80M99C30
8	A2E2T2	A80M99C20	A80M99C20	A80M99C10	A90M99C10	A99M99C10

5.5 pH

El Cuadro 6, muestra los valores promedio del pH registrado en cada tratamiento, en las lecturas al inicio y a los 5, 10, 15 y 20 días. Se observa que en los frutos de conservación al ambiente, solo se efectuó hasta la lectura a los 5 días en donde se puede apreciar que en todos los tratamientos el pH se incrementó de 3,50 a 3,80, en tanto que en el cuarto frío se mantuvo en 3,56 sin presentar variaciones considerables.

5.6 Daños físicos

Los daños físicos observados en cada tratamiento, en las lecturas a los 5, 10, 15 y 20 días, se detallan en el Cuadro 7. En el almacenamiento al ambiente, solo se pudieron registrar lecturas hasta los 10 días, por cuanto los frutos presentaron daños físicos del 100%, alcanzando un área promedio de daño del 55,2% a los 5 días y un 100% a los 10 días. En el cuarto frío, los frutos se almacenaron por hasta 20 días, a los 5 días los frutos no presentaron daños físicos; en tanto que a los 10 días presentaron un promedio

general de 11,8%; a los 15 días 33,6% y a los 20 días 76,4% de daños físicos.

Cuadro 6. pH del fruto

Tratamientos		Lecturas				
No.	Símbolo	Inicio	5 días	10 días	15 días	20 días
Conservación al ambiente						
1	A1E1T1	3,50	3,60			
2	A1E1T2	3,70	3,80			
3	A1E2T1	3,50	3,60			
4	A1E2T2	3,60	3,60			
En cuarto frío						
5	A2E1T1	3,56	3,58	3,54	3,55	3,56
6	A2E1T2	3,50	3,44	3,46	3,47	3,46
7	A2E2T1	3,56	3,58	3,58	3,56	3,60
8	A2E2T2	3,54	3,52	3,54	3,55	3,51

Cuadro 7. Daños físicos

Tratamientos		Lecturas			
No.	Símbolo	5 días	10 días	15 días	20 días
Conservación al ambiente					
1	A1E1T1	75,00	100		
2	A1E1T2	62,50	100		
3	A1E2T1	50,00	100		
4	A1E2T2	33,33	100		
En cuarto frío					
5	A2E1T1	0,00	19,43	25,50	75,10
6	A2E1T2	0,00	2,76	5,53	80,20
7	A2E2T1	0,00	16,67	75,50	100,00
8	A2E2T2	0,00	8,33	28,00	50,30

6. Conclusiones

El estado fisiológico de la fresa tiene un efecto directo sobre el tiempo de almacenamiento y algunas características físico químicas, debido a que es un fruto no climatérico; por tanto su madurez organoléptica se produce cuando aún está unida a la planta, con una temperatura de 18 a 25 °C en el día y de 10 a 13 °C en la noche. Su recolección se realiza en madurez completa, ya que el etileno no juega un rol esencial en la regulación de su maduración. El estado fisiológico de cosecha, cuando la fruta presenta un 75% de madurez manifestó los mejores resultados, para todas las variables.

El almacenamiento en el cuarto frío presentó los mejores resultados frente al almacenamiento al ambiente. Los mejores tiempos de almacenamiento se determinaron en las variables peso fresco y firmeza de fruta al primer día; en los sólidos solubles 13,3% a los 20 días; el pH de 3,53 en el día 5; los daños al día uno en todos los tratamientos y en cámara fría hasta los 5 días con un valor de 0%.

Durante la maduración el fruto adquiere su color característico debido al aumento en el contenido de antocianinas, siendo el principal factor para este elemento la intensidad lumínica; la firmeza decrece por el aumento de

pectinas solubles y la disminución de protopectinas; desciende el contenido de clorofila, ácido ascórbico total, sólidos solubles, el pH; mientras que los fenoles totales se incrementan. El sabor es el resultado del aumento de azúcares totales y la disminución de la acidez, ya que varían los ácidos málico y cítrico. El aroma característico se fundamenta en una mezcla de esterres, aldehídos, alcoholes y compuestos sulfurados cuyas cantidades difieren entre variedades.

Referencias /

FAO. 2005. Postcosecha de frutas y hortalizas. Disponible: <http://www.fao.org.htm>
 Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, El cultivo del tomate de árbol, Bogota, Faltros, 1992, 78 p.
 Küppers H., Atlas de colores, Editorial Blume, Barcelona, España, 168 p.

ANEXO 1

Composición química del fruto de fresa (g/100g de materia seca)

Componente	Contenido g
Sólidos totales	7,00 - 12,70
Sólidos solubles totales	4,60 - 11,90
Azúcares totales	4,10 - 6,60
Azúcares reductores	3,70 - 5,20
Sacarosa	0,20 - 2,50
Fructosa	1,70 - 3,50
Glucosa	1,40 - 3,10
Pectinas totales	0,20 - 0,90
Ph	3,18 - 4,10
Acidez titulable	0,50 - 1,87
Ácido cítrico	0,42 - 1,24
Ácido málico	0,09 - 0,68
Ácido ascórbico total (mg)	26 - 120
Fenólicos totales (mg)	58 - 210
Antocianinas totales (mg)	55 - 145

ANEXO 2



Figura 1. Control del cuarto frío



Figura 2. Frutos de fresa en campo



Figura 3. Determinación de sólidos soluble



Figura 4. Registro de información

DETERMINACIÓN DEL AUMENTO DE PESO EN POLLOS DE ENGORDE (GALLUS GALLUS) MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES FUENTES PROTEICAS A SU ALIMENTACIÓN.

Fabián Santana Romo

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
fromo@uta.edu.ec

RESUMEN:

En la presente investigación se usaron fuentes alternas de proteína dentro de la alimentación balanceada de los pollos de engorde (*Gallus gallus*). Se consideraron granos de la región tales como la soya (*Glycine max*) y el chocho (*Lupinus mutabilis*) por su gran contenido proteico y por la facilidad de obtenerlos y procesarlos. Estos se sustituyeron en porcentajes de 0 (Testigo Experimental), 25, 50 y 75% del balanceado comercial.

La etapa de levante, que comprende desde el día 1 hasta el día 28, dejó como conclusión que porcentajes de 50% balanceado comercial y 50% de soya son los mejores para tener un aumento de peso superior al reportado en tablas por casas comerciales. Los tratamientos propuestos producen el mismo aumento de peso en las aves; se redujo la cantidad de balanceado comercial y se aumentó la fuente de proteína alterna resultando en menores costos de producción y carne más sana y apetecible.

Palabras clave: Pollos engorde, conversión alimenticia, ganancia de peso, soya, chocho.

ABSTRACT:

In this research, alternative sources of protein in a balanced diet for broiler chickens (*Gallus gallus*) were used. Regional grains were considered, such as soybean (*Glycine max*) and lupine (*Lupinus mutabilis*) due to their high protein content and the ease with which they are obtained and processed. These were substituted in percentages of 0 (Control Experiment), 25, 50 and 75% in commercial feed.

The raising phase, which goes from day 1 to day 28, showed that percentages of 50% of commercial feed and 50% of soybean are the best to have a higher gain in weight than the reported in charts by wholesalers. The proposed treatments produce the same gain in weight in the birds; the amount of commercial feed was reduced and the source of protein was increased which resulted in lower production costs and healthier and more appetizing meat.

Keywords: Broiler Chicken, feed conversion, weight gain, soybean, lupine.

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

1. Introducción

El proceso de engorde del pollo (*Gallus gallus*), busca incorporar carbohidratos y proteína proveniente de harinas y granos de fácil acceso y bajo precio en el mercado, para suministrarlos a la alimentación balanceada de los mismos. En el desarrollo del lote de pollos de engorde, existen diferentes indicadores que miden el logro de los objetivos de la crianza, los mismos que van a reflejar el desempeño tanto de crecimiento de los pollos de engorde como la capacidad de los encargados de la crianza para mantener un buen lote con el manejo respectivo de variables, tales como temperatura, ventilación, iluminación, limpieza, agua y principalmente alimentación [1].

Se divide el proceso de crianza en dos etapas: etapa inicial o de levante desde el día 1 hasta el día 28, y la etapa de engorde que va desde el día 29 hasta el día 56, en condiciones donde a las 8 semanas generalmente se sacrifica el pollo, con pesos muy grandes que se enfocan a principalmente a la distribución en supermercados, y hasta el día 42 para restaurantes, asaderos, y brosterizadoras, que es donde nos enfocamos en la presente investigación [2].

En el Ecuador, y principalmente dentro de la provincia de Tungurahua, las granjas avícolas evalúan el desempeño del lote, por lo que se seleccionan las medidas adecuadas y se las compara con algún objetivo o estándar definido, tal como es el caso de las tablas de estándares, proporcionadas por las empresas productoras de balanceado, las cuales señalan la relación entre la cantidad de alimento, tiempo y crecimiento [3].

Por su fácil obtención y procesamiento, la soya (*Glycine max*) y el chocho (*Lupinus mutabilis*) – leguminosas de la región – son alternativas muy viables para ser complementos proteicos dentro de la alimentación de los pollos de engorde por la gran cantidad de proteína cruda que poseen. Mediante la aplicación de biotecnología e innovación se probó que son influyentes en el aumento de peso de las aves [4].

El estudio se llevó a cabo en el Sector “La Universal” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en instalaciones preparadas y adaptadas para la crianza de pollos de engorde, cuyas coordenadas geográficas son 01°18'00"S 78°36'00"W.

El estudio manejó la premisa inicial de que la incorporación de diferentes fuentes proteicas en el balanceado de alimentación genera un aumento de peso en los pollos de engorde (*Gallus gallus*), y su contraparte, que dicha incorporación no genera tal aumento.

2. Materiales y Métodos

Descripción del Ensayo

Enriquecimiento del mejor balanceado comercial con diferentes fuentes proteicas. Para la formulación de los alimentos de prueba se utilizaron las siguientes expresiones matemáticas para el cálculo de las cantidades de proteína alterna empleadas para las mezclas propuestas en el diseño experimental

$$\text{Peso PB} = (\% \text{ PB tabla} * \% \text{ PM}) * C_p$$

Donde:

Peso PB = Peso de Proteína en el Balanceado. % PB tabla = Porcentaje de Proteína que contiene el Balanceado.

%PM = Porcentaje de Mezcla según Diseño Experimental (100% 75% 50% 25%).

C_p = Consumo promedio de balanceado en la semana a calcular.

Nota: Los consumos promedio de balanceado se los obtuvo en la página web de Bioalimentar, los cuales fueron experimentados, tabulados y presentados por dicha empresa, para avalar su producto en el mercado.

$$\text{Peso P soya} = \frac{\% \text{ PB tabla} - (\% \text{ PB tabla} * \% \text{ PM})}{\% \text{ P soya}}$$

Donde:

Peso P soya = Peso de Proteína en la Soya.

% PB tabla = Porcentaje de Proteína que contiene el Balanceado.

%PM = Porcentaje de Mezcla según Diseño Experimental (100%, 75%, 50%, 25%).

% P soya = Porcentaje de Proteína presente en la Soya.

$$\text{Peso P chocho} = \frac{\% \text{ PB tabla} - (\% \text{ PB tabla} * \% \text{ PM})}{\% \text{ P chocho}}$$

Donde:

Peso P chocho = Peso de Proteína en el Chocho.

% PB tabla = Porcentaje de Proteína que contiene el Balanceado.

% PM = Porcentaje de Mezcla según Diseño Experimental (100%, 75%, 50%, 25%).

% P chocho = Porcentaje de Proteína presente en la Chocho

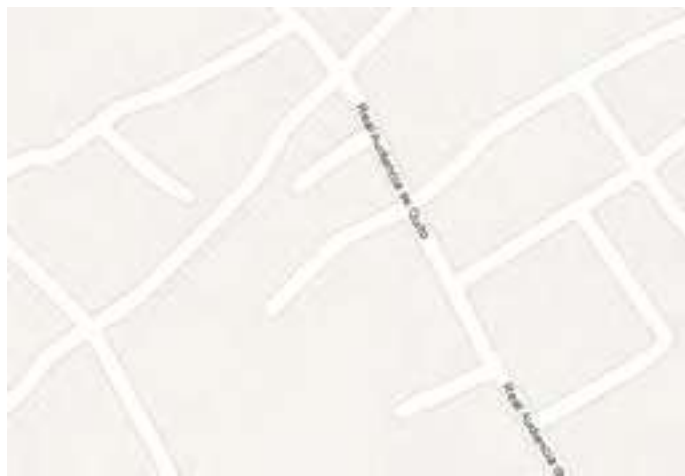


Figura 1. Ubicación Geográfica del Experimento

Una vez hecho esto se procedió a preparar todas las condiciones para recibir a los pollitos bebé y posterior crecimiento y engorde, tal y como se detalló en los manuales de crianza estándares [5].

Evaluación del crecimiento del pollo de engorde (Gallus gallus) en el proceso de crianza con los tratamientos planteados

Las ganancias de peso se calcularon con respecto a la semana anterior de crianza, por lo que se comparó un peso inicial con un peso final, para así conocer cuánto alimento fue metabolizado e incorporado al pollo de engorde (Gallus gallus).

Además se constató cuanto subió de peso el pollo con respecto a la semana inicial en cuestión. Para el cálculo de esta Ganancia de Peso, se lo hizo con la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de Peso GP} = \frac{\text{Peso Semana Final} - \text{Peso Semana Inicial}}{\text{Peso Semana Inicial}}$$

Dónde:

GP = Ganancia de Peso

Peso Semana Final = Peso (gramos) del pollo de engorde (Gallus gallus) en la semana en cuestión a calcular.

Peso Semana Inicial = Peso (gramos) del pollo de engorde (Gallus gallus) en la semana anterior a la semana que se va a calcular.

Cálculo de la conversión de alimento balanceado por parte del pollo de engorde

En general la conversión alimenticia es una medida de la productividad de un animal y se define como la relación entre el alimento que consume con el peso que gana [6].

Por ejemplo, si se usan cuatro kilos de alimento para producir dos kilos de carne de pollo, la conversión alimenticia es 2.00 (4 kilos divididos por 2 kilos). Es evidente que cuanto menor sea la conversión más eficiente es el metabolismo del pollo de engorde (Gallus gallus).

Matemáticamente, la relación se expresa al dividir el consumo de alimento por semana de las aves para su peso promedio al final de la semana [7].

Consumo de Alimento por Semana
Peso Promedio Semanas de los Pollos
Conversión de Alimento (CA)

Tabla 1. Cálculo de Conversión Alimenticia

Dónde:

CA = Conversión de Alimento

Consumo de Alimento = Peso (gramos) de alimento consumido por los pollos de engorde (Gallus gallus) en la semana en cuestión.

Peso Promedio = Peso Promedio (gramos) de los pollos de engorde (Gallus gallus) en la semana en cuestión.

Matemáticamente, la relación se expresa al dividir el consumo de alimento por semana de las aves para su peso promedio al final de la semana [8]

Factores de estudio

A: Etapa de Crecimiento

a0: Levante

a1: Engorde

B: Fuente de Proteína

b0: Soya

b1: Chocho

C: Porcentaje de Mezcla

c0: 100% balanceado comercial + 0% fuente de proteína

c1: 75% balanceado comercial + 25% fuente de proteína

c2: 50% balanceado comercial + 50% fuente de proteína

c3: 25% balanceado comercial + 75% fuente de proteína

Diseño experimental

AxBxC

2x2x4 = 16 tratamientos

Diagrama de Flujo

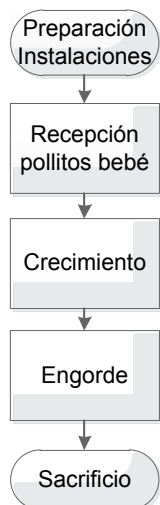


Figura 2. Diagrama de Flujo de la Crianza

Número de repeticiones

Se realizaron 3 repeticiones por cada tratamiento

Total de unidades experimentales

Tratamientos = 16

Réplicas = 3

n para cada tratamiento = 5

Total de Unidades Experimentales = 240

Análisis de Varianza

Se realizó un análisis de varianza que lo proporcionó el programa estadístico Statgraphics, y se lo interpretó para obtener las conclusiones pertinentes con respecto al experimento y diseño experimental planteado.

Tipos de análisis estadísticos

Prueba de comparación de Tukey al 5% de significancia en el programa estadístico Infostat, se lo realizó y se determinó cual de los tratamientos es significativamente diferente a los demás. Parámetros y criterios de evaluación (variables tomadas, intervalos de lecturas): Ganancia de Peso con respecto a la semana anterior. Peso al final de la sexta semana en Kg, Conversión de alimento (CA).

Procesamiento y análisis

Luego de obtener los datos experimentales, se los ordenó de acuerdo a los tratamientos que se obtuvieron en el diseño experimental y se tabularon de acuerdo a las combinaciones respectivas en tablas especiales diseñadas para la recolección de datos de campo las cuales se llenaron semanalmente con datos de pesos de balanceado, pesos de pollos por semana y mortalidad.

El procesamiento en el software estadístico Statgraphics se facilitó al momento de crear el diseño, posteriormente los datos se los analizó para obtener la tabla ANOVA.

El programa Infostat facilitó el análisis de la prueba de comparación de Tukey al 5% de significancia. Se discutieron los resultados obtenidos mediante estos programas estadísticos, se interpretaron las tablas de análisis de varianza, y se verificó si los datos analizados tienen diferencia estadística o si solamente tienen una diferencia aritmética.

3. Resultados y Discusión /

La Tabla 2 refleja los niveles óptimos procesados en Statgraphics, los cuales proporcionan una maximización del Aumento de Peso en los pollos de engorde (*Gallus gallus*). Mientras que la Figura 3 muestra los factores que influyen directamente en la respuesta experimental Ganancia de Peso entre la semana 2 y 1 (GP1). La prueba de comparación de Tukey (Tabla 3), señala si hay o no diferencia estadística significativa entre los tratamientos ocupados. Las combinaciones experimentadas no mostraron diferencia estadística entre ellas, por lo que todas producen una ganancia de peso similar.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Etapa	0.0	1.0	0.0
Proteína	0.0	1.0	0.0
% Mezcla	0.0	3.0	0.0

Tabla 2. Optimizar Respuesta

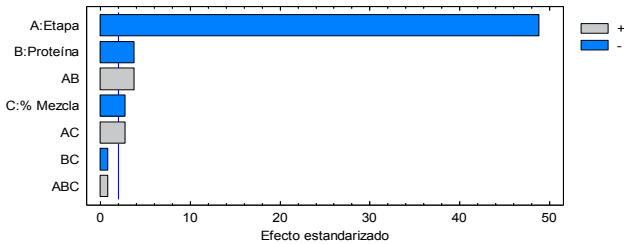


Figura 3. Diagrama de Pareto para la Ganancia de Peso entre la segunda y primera semana

Etapa	Proteína	Mezcla	Medias	n	E.E.			
1.00	1.00	2.00	0.06	3	9.72	A		
1.00	1.00	3.00	0.00	3	9.72	A		
1.00	1.00	1.00	0.05	3	9.72	A		
1.00	0.00	3.00	0.13	3	9.72	A		
1.00	0.00	1.00	0.14	3	9.72	A		
1.00	0.00	2.00	0.17	3	9.72	A		
1.00	0.00	0.00	0.25	3	9.72	A		
1.00	1.00	0.00	0.30	3	9.72	A		
0.00	1.00	2.00	272.00	3	9.72	B		
0.00	1.00	3.00	312.33	3	9.72	B	C	
0.00	1.00	0.00	353.33	3	9.72	B	C	D
0.00	0.00	2.00	365.13	3	9.72			D
0.00	0.00	3.00	375.67	3	9.72			D
0.00	0.00	1.00	390.67	3	9.72			D
0.00	0.00	0.00	404.33	3	9.72			D
0.00	0.00	1.00	405.67	3	9.72			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Tabla 3. Prueba de Tukey para GP1

La Tabla 4 refleja los niveles óptimos procesados en Statgraphics, lo que proporciona una maximización del Aumento de Peso en los pollos de engorde (Gallus gallus). Mientras que la Figura 4 muestra los factores que influyen directamente en la respuesta experimental Ganancia de Peso entre la semana 3 y 2 (GP2). La prueba de comparación de Tukey (Tabla 5), señala si hay o no diferencia estadística significativa entre los tratamientos ocupados. Las combinaciones experimentadas no mostraron diferencia estadística entre ellas, por lo que todas producen una ganancia de peso similar.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Etapa	0.0	1.0	0.0
Proteína	0.0	1.0	1.0
% Mezcla	0.0	3.0	0.0

Tabla 4. Optimizar Respuesta

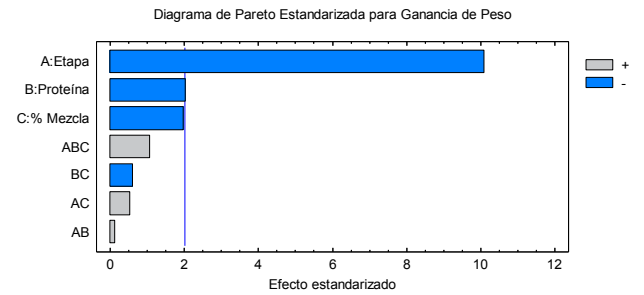


Figura 4. Diagrama de Pareto para la Ganancia de Peso entre la tercera y segunda semana

Etapa	Proteína	Mezcla	Medias	n	E.E.			
1.00	1.00	3.00	0.00	3	0.11	A		
1.00	1.00	0.00	0.10	3	0.11	AB		
1.00	0.00	3.00	0.10	3	0.11	AB		
1.00	1.00	1.00	0.18	3	0.11	AB		
1.00	1.00	2.00	0.21	3	0.11	AB		
1.00	0.00	2.00	0.23	3	0.11	AB		
1.00	0.00	1.00	0.25	3	0.11	ABC		
1.00	0.00	0.00	0.34	3	0.11	ABCD		
0.00	1.00	1.00	0.42	3	0.11	ABCDE		
0.00	1.00	3.00	0.50	3	0.11	BCDEF		
0.00	0.00	1.00	0.79	3	0.11	CDEFG		
0.00	0.00	3.00	0.89	3	0.11	DEFG		
0.00	0.00	2.00	0.94	3	0.11	EFG		
0.00	1.00	2.00	0.95	3	0.11	EFG		
0.00	0.00	0.00	1.02	3	0.11	FG		
0.00	1.00	0.00	1.15	3	0.11	G		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Tabla 5. Prueba de Tukey para GP2

La Tabla 6 refleja los niveles óptimos procesados en Statgraphics los cuales proporciona una maximización del Aumento de Peso en los pollos de engorde (Gallus gallus). Mientras que la Figura 5 muestra los factores que influyen directamente en la respuesta experimental Ganancia de Peso entre la semana 4 y 3 (GP3). La prueba de comparación de Tukey (Tabla 7), señala si hay o no diferencia estadística significativa entre los tratamientos ocupados. La mejor combinación fue soja 75% y 25% de balanceado convencional.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Etapa	0.0	1.0	0.0
Proteína	0.0	1.0	1.0
% Mezcla	0.0	3.0	3.0

Tabla 6. Optimizar Respuesta

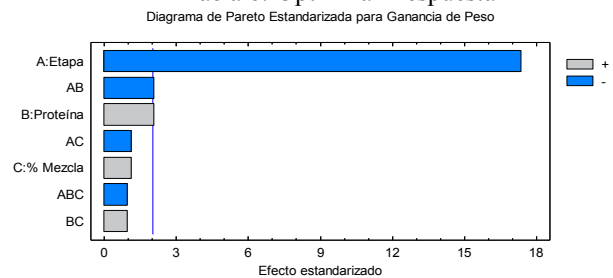


Figura 5. Diagrama de Pareto para la Ganancia de Peso entre la cuarta y tercera semana

Etapa	Proteína	Mezcla	Medias	n	E F	
1,00	0,00	1,00	0,00	3	0,13	A
1,00	0,00	0,00	0,00	3	0,13	A
1,00	1,00	2,00	0,00	3	0,13	A
1,00	1,00	0,00	0,00	3	0,13	A
1,00	0,00	3,00	0,00	3	0,13	A
1,00	0,00	2,00	0,00	3	0,13	A
1,00	1,00	1,00	0,00	3	0,13	A
1,00	1,00	3,00	0,00	3	0,13	A
0,00	1,00	0,00	0,99	3	0,13	B
0,00	0,00	1,00	1,06	3	0,13	B
0,00	0,00	3,00	1,10	3	0,13	B
0,00	0,00	0,00	1,17	3	0,13	B
0,00	0,00	2,00	1,38	3	0,13	B C
0,00	1,00	2,00	1,47	3	0,13	B C
0,00	1,00	3,00	1,53	3	0,13	B C
0,00	1,00	1,00	1,90	3	0,13	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p <= 0,05)

Tabla 7. Prueba de Tukey para GP3

La Tabla 8 refleja los niveles óptimos procesados en Statgraphics los cuales proporciona una maximización del Aumento de Peso en los pollos de engorde (*Gallus gallus*). Mientras que la Figura 6 muestra los factores que influyen directamente en la respuesta experimental Ganancia de Peso entre la semana 5 y 4 (GP4). La prueba de comparación de Tukey (Tabla 9), señala si hay o no diferencia estadística significativa entre los tratamientos ocupados. Las combinaciones experimentadas no mostraron diferencia estadística entre ellas, por lo que todas producen una ganancia de peso similar.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Etapa	0.0	1.0	0.0
Proteína	0.0	1.0	1.0
% Mezcla	0.0	3.0	3.0

Tabla 8. Optimizar Respuesta

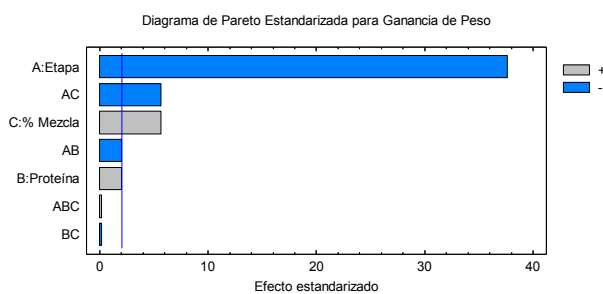


Figura 6. Diagrama de Pareto para la Ganancia de Peso entre la quinta y cuarta semana

Etapa	Proteína	Mezcla	Medias	n	E F	
1,00	1,00	2,00	0,00	3	0,03	A
1,00	0,00	2,00	0,00	3	0,03	A
1,00	0,00	1,00	0,00	3	0,03	A
1,00	0,00	0,00	0,00	3	0,03	A
1,00	1,00	1,00	0,00	3	0,03	A
1,00	1,00	0,00	0,00	3	0,03	A
1,00	0,00	3,00	0,00	3	0,03	A
1,00	1,00	3,00	0,00	3	0,03	A
0,00	0,00	0,00	0,58	3	0,03	B
0,00	0,00	1,00	0,68	3	0,03	B
0,00	1,00	1,00	0,71	3	0,03	B C
0,00	1,00	0,00	0,73	3	0,03	B
0,00	0,00	3,00	0,87	3	0,03	C
0,00	0,00	2,00	0,94	3	0,03	D
0,00	1,00	2,00	0,99	3	0,03	D
0,00	1,00	3,00	0,99	3	0,03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p <= 0,05)

Tabla 9. Prueba de Tukey para GP4

La Tabla 10 refleja los niveles óptimos procesados en Statgraphics los cuales proporciona una maximización del Aumento de Peso en los pollos de engorde (*Gallus gallus*). Mientras que la Figura 7 muestra los factores que influyen directamente en la respuesta experimental Ganancia de Peso entre la semana 6 y 1 (GPT). La prueba de comparación de Tukey (Tabla 11), señala si hay o no diferencia estadística significativa entre los tratamientos ocupados. La mejor combinación fue chocho 50% y 50% de balanceado convencional.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Etapa	0.0	1.0	0.0
Proteína	0.0	1.0	0.0
% Mezcla	0.0	3.0	3.0

Tabla 10. Optimizar Respuesta

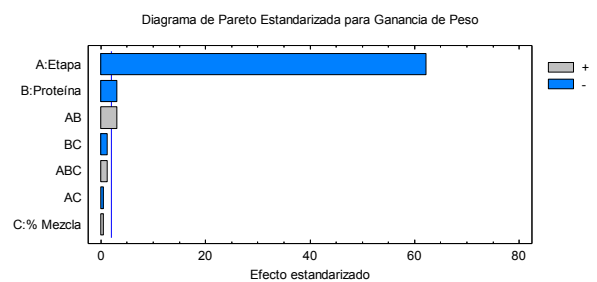


Figura 7. Diagrama de Pareto para la Ganancia de Peso entre la sexta y primera semana

Etapa	Proteína	Mezcla	Medias	n	E	E
1,00	1,00	3,00	0,00	3	23,47	A
1,00	1,00	2,00	0,13	3	23,47	A
1,00	1,00	1,00	0,24	3	23,47	A
1,00	0,00	3,00	0,31	3	23,47	A
1,00	0,00	1,00	0,42	3	23,47	A
1,00	1,00	0,00	0,43	3	23,47	A
1,00	0,00	2,00	0,43	3	23,47	A
1,00	0,00	0,00	0,66	3	23,47	A
0,00	1,00	3,00	2506,59	3	23,47	B
0,00	0,00	1,00	2528,89	3	23,47	B
0,00	1,00	1,00	2573,65	3	23,47	B
0,00	1,00	0,00	2603,01	3	23,47	B
0,00	1,00	2,00	2609,87	3	23,47	B
0,00	0,00	3,00	2774,33	3	23,47	C
0,00	0,00	0,00	2791,46	3	23,47	C
0,00	0,00	2,00	3273,60	3	23,47	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)

Tabla 11. Prueba de Tukey para GPT



Figura 8. Análisis Económico de las Dietas Propuestas

Balanceado	Soya (\$)	Chocho (\$)
100%	275	275
75%	240	225
50%	230	220
25%	225	210

Tabla 12. Costos de las dietas utilizadas

Este análisis Económico muestra en la Figura 8 y Tabla 12. Los costos bajan aproximadamente entre 10 dólares entre dieta y dieta consecutiva, donde la más costosa es la de 100% balanceado comercial (275 dólares) y las más rentable es la de 25% balanceado comercial + 75% proteína de Chocho (210 dólares). Se saca como conclusión que entre las dos clases de proteína la más rentable es el Chocho en comparación con la Soya.

4. Conclusiones

La proteína presente en la soya y el chocho fueron asimiladas por los pollos de engorde en sus dos etapas de crianza, al metabolizarlas y convertirlas en peso vivo del ave. Se demostró que son una fuente viable de proteína para utilizarlas en su alimentación balanceada.

Durante la etapa de levante en los primeros 7 días el mejor tratamiento fue a0b0c2 (soya, 50% balanceado comercial + 50% fuente de proteína), por presentar un aumento de peso superior al estándar reportado en tablas de la casa comercial que suministró tanto el balanceado como los pollos bebé, fue significativamente diferente de todos los demás tratamientos planteados.

El resto de la etapa de levante hasta el día 28 la mejor combinación fue a0b0c0 (chocho, 50% balanceado comercial + 50% fuente de proteína). Ya que la proteína presente en este grano triturado fue asimilada de manera muy favorable y por tanto la generación de masa a través del metabolismo fue muy buena dando los mayores pesos de los pollos sobre el resto de tratamientos y testigos experimentales.

En la etapa de engorde que comprende desde el día 29 hasta el día 44, todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales y producen un efecto muy similar en la ganancia de peso por parte del pollo. No hay uno que destaque influenciando más a la respuesta experimental. Todos producen la misma asimilación de la proteína contenida en los balanceados propuestos y en los testigos experimentales de balanceado puro.

El tratamiento a1b1c3 (chocho, 25% balanceado comercial + 75% fuente de proteína) fue eliminado en la etapa de engorde por presentar una disminución crítica de peso en las aves, la decisión fue tomada luego de 5 días de iniciado el experimento para precautelar y salvar la vida de las aves (15 unidades experimentales) y la inversión económica representada por las mismas. En contraste con esto, los pollos bebé asimilaron bien esta combinación propuesta en la que el porcentaje de chocho es el mayor obteniéndose un crecimiento y asimilación de proteína igual a los estándares propuestos y aceptados por la casa comercial [9]

Enfocando a la crianza como un único proceso global/total desde la primera semana de crecimiento del pollo de engorde (*Gallus gallus*) hasta la séptima semana. El mejor tratamiento para el levante fue la combinación a0b0c3 (soya, 25% balanceado comercial + 75% fuente de proteína). En la etapa de engorde por medio de la prueba de comparación de Tukey obtenida del software estadístico Infostat se concluye que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y producen un efecto similar en la ganancia de peso global/total (GPT) por lo que con cualquiera de las combinaciones propuestas se las puede utilizar para remplazar la crianza convencional de los pollos de engorde (*Gallus gallus*).

La conversión alimenticia (CA) de los pollos de engorde (*Gallus gallus*) obtenida en comparación con la estándar fueron estadísticamente iguales, por lo que la conversión de alimento a peso vivo no varió a pesar de incluir tratamientos extremos en cuanto a porcentajes de soya y chocho (25% balanceado comercial + 75% fuente alterna de proteína). Y en algunas semanas estos se convirtieron en los mejores tratamientos, por lo que no solo se los podrá utilizar como suplementos proteicos para el balanceado, sino como una formulación con muy buenos resultados en comparación con el balanceado comercial.

Se concluye y se acepta la Hipótesis de Investigación en la que la incorporación de diferentes fuentes proteicas en el balanceado de alimentación generó un aumento de peso en los pollos de engorde (*Gallus gallus*). Donde en la etapa de levante hubo formulaciones de balanceado más efectivas que los testigos experimentales y en el engorde todas las combinaciones producen un mismo efecto por lo que podemos sustituir hasta el 75% de la cantidad del balanceado y aun así seguir teniendo un crecimiento uniforme y aceptado por el mercado

Referencias /

- [1] Cobb500. 2008. Manual de crianza de pollos de engorde para raza Cobb. Publicación para Latinoamérica. Medellín, Colombia. 9p.
- [2] Navarro, Casta. 2012. Curso de avicultura. Disponible en: http://www.pasolac.org.ni/files/publicacion/1180634463_Avi_c_ultura.pdf. Consultado 5 de Mayo de 2012
- [3] Nutri-salud. 2011. La Soja y la nutrición. Artículo on-line. Disponible en: http://www.nutri-salud.com.ar/articulos/soja_y_nutricion.php. Consultado 05 de Marzo de 2012 hora 10h30am.
- [4] Zambrano, A. 2008. Formulación de alimentos balanceados para pollo de engorde bajo el concepto de aminoácidos digestibles. 5p.
- [5] Alvarado, J. 2010. Manual Práctico De Pollo De Engorde, Santa Bárbara, Honduras. 3p
- [6] Rodríguez, W. 2007. Indicadores productivos como herramienta para medir la eficiencia del pollo de engorde. 3p
- [7] Vargas, P. 2010. Puntos claves en para el Éxito en Pollo de Engorde. Balanceador Liris S.A. Lima, Perú. 2p
- [8] University of California, 1990. La cría de pollos parrilleros y su nutrición. Disponible en: http://animalscience.ucdavis.edu/avian/LACRIADE_POLLOS.pdf. Consultado 5 de Mayo de 2012
- [9] Bioalimentar. 2012. Conversiones Alimenticias Estándar para el pollo de engorde. http://www.bioalimentar.com.ec/avimentos/plan_alimenticio.php?id=1. Consultado: 24 de Abril de 2012



POLÍTICA EDITORIAL DE LA REVISTA

La revista de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato es una publicación semestral que ofrece trabajos científicos, originales e inéditos de investigación básica, aplicada y experimental sobre los avances e impactos en todas las áreas del conocimiento.

Los conceptos y opiniones de los artículos son responsabilidad exclusiva de su(s) autor(res); en ningún momento comprometen las orientaciones y políticas de la Universidad Técnica de Ambato, ni las del Comité Editorial.

La revista recibe contribuciones en los idiomas español o inglés. La revista acepta solamente tres tipos de trabajos: 1) Artículos de investigación científica o tecnológica: presentan resultados originales de investigación. Están típicamente integrados por cinco secciones: introducción, metodología, resultados-discusión, conclusiones, y referencias bibliográficas; 2) Artículos de reflexión: presentan resultados de investigación sobre un tema específico desde la perspectiva analítica, interpretativa o crítica de los autores, recurriendo a fuentes bibliográficas originales; y 3) Artículos de revisión: presentan el resultado de una revisión analítica de la literatura sobre un tema específico, sistematizando o integrando los resultados de investigaciones ya publicadas con el fin de dar cuenta del avance y las tendencias de desarrollo de ese tema. Incluyen una cuidadosa y amplia revisión bibliográfica.

Los documentos presentados para la revista de Investigación y Desarrollo pasaran por un proceso de revisión por pares evaluadores externos a la Universidad Técnica de Ambato, quienes emitirán sus comentarios, si los artículos son aceptados los autores reenviarán una versión final revisada en la que se consideren todas las observaciones realizadas por los pares. Los trabajos serán evaluados mediante un proceso de revisión de doble ciego.



NORMAS GENERALES PARA LOS AUTORES

Se reciben artículos en español o inglés, bien redactados, exentos de errores ortográficos y gramaticales. Los artículos no deben exceder 10 páginas, incluyendo tablas y figuras, a doble espacio, papel tamaño carta, fuente de 10 puntos Times New Roman y en doble columna. La plantilla y las instrucciones para la elaboración del artículo se encuentran disponibles en la dirección electrónica investigación.uta.edu.ec.

Estructura del artículo

Todo el texto del artículo (incluyendo encabezados de tablas, pies de figura y referencias bibliográficas) debe escribirse utilizando el tipo de letra Times New Roman (TNR). Los trabajos deben tener la siguiente estructura y cumplir con los siguientes requisitos:

Título. El título debe representar claramente, con precisión y concisamente, el contenido del trabajo. En lo posible, el título no debe hacer uso de abreviaturas o acrónimos. El título debe aparecer centrado entre las márgenes, escrito con letra TNR, en negrilla, tamaño de fuente 16 y a doble espacio entre renglones.

Autores. Deben incluirse el primer nombre completo y el primer apellido de cada autor, en ese orden. Si un autor está acostumbrado a usar sus dos apellidos en la literatura, estos deben quedar unidos mediante un guión. Debe usarse una numeración insertados como superíndices al final del apellido de cada autor para indicar posteriormente su afiliación.

Afiliaciones. Debe especificarse el nombre de la institución a la cual está afiliado cada autor. Las afiliaciones se listan precedidas por el número que fue insertado como superíndice al final del apellido de cada autor, y deben estar escritas con letra TNR. No deben incluirse los títulos académicos ni las posiciones o cargos ocupados por los autores. Debe incluirse la dirección correo electrónico de cada uno de autores, en orden de aparición.

Resumen. Debe establecer el alcance y propósito del trabajo dando una descripción clara y concisa de los resultados presentados y las conclusiones obtenidas.

Palabras clave. Debe escogerse un máximo de 5 palabras clave. Los elementos consecutivos en la lista de palabras clave deben ir separados por comas. Cada elemento de la lista de palabras clave puede constar como máximo de 4 palabras incluyendo preposiciones.

Abstract. Debe ser una traducción correcta y precisa al idioma inglés del texto que aparece en el resumen en español.

Keywords. Debe ser una traducción correcta y precisa al idioma inglés de la lista de palabras clave en español. Los autores que no tengan un buen dominio del inglés deben asesorarse debidamente para asegurarse que la traducción sea de la mejor calidad posible. Debe usarse el mismo estilo de edición ya especificado para las palabras clave en español.



Texto principal. Para los artículos de investigación científica y tecnológica, el texto principal del trabajo debe estar integrado por cinco secciones: 1) Introducción, 2) Metodología, 3) Resultados y discusión, 4) Conclusiones, y 5) Referencias bibliográficas. Si es del caso, puede incluirse una sección adicional para Agradecimientos. Debe incluirse un título para cada una de estas secciones con el numeral correspondiente; el numeral y el título de cada sección deben estar escritos con letra TNR, en negrilla, y tamaño de fuente 10. Si es necesario se puede emplear subtítulos dentro de cada sección.

Ecuaciones. Deben aparecer centradas con respecto al texto principal. Deben utilizarse números consecutivos -escritos entre paréntesis cerca al margen derecho- para rotular las ecuaciones, las cuales se citan en el texto principal empleando la palabra ecuación abreviada como Ec. y seguida del número arábigo entre paréntesis. Se debe utilizar un formato uniforme para todas las ecuaciones del artículo, escribiendo las variables en letra cursiva, los subíndices y superíndices de las variables en letra normal, y los vectores y matrices en letra negrilla.

Tablas. Las tablas deben incluirse dentro del texto principal del trabajo ordenadas de acuerdo al orden de citación en el texto principal. El encabezado de cada tabla debe incluir la palabra Tabla (en cursiva) seguida del número arábigo consecutivo correspondiente, y de una breve descripción del contenido de la tabla.

Referencias bibliográficas. Las referencias utilizadas deberán ser actuales, con un máximo de 3 años desde su publicación, excepto por obras históricas de gran influencia para el área de estudio. Para las citas en el texto deberá seguir el formato Harvard.

LISTA DE COMPROBACIÓN DE PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, se les requiere a los autores que indiquen que su envío cumpla con todos los siguientes elementos, y que acepten que envíos que no cumplan con estas indicaciones pueden ser devueltos al autor.

1. Los autores deben certificar en una carta la originalidad y el carácter inédito del trabajo, y la exclusividad de su remisión a la revista Investigación y Desarrollo.
2. El artículo enviado está en formato Microsoft Word o WordPerfect, no excediendo 20 páginas incluyendo tablas y figuras, a doble espacio, papel tamaño carta, fuente de 10 puntos y a doble columna.
3. El artículo cumple con los requisitos bibliográficos indicados en las Normas para autor/es, y usa el sistema de citación de referencias Harvard.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio “hacer disponible gratuitamente la investigación al público”, lo cual produce un mayor intercambio de conocimiento global.



INDEXACIÓN DE LA REVISTA

La Revista Investigación y Desarrollo está actualmente indexada en el catálogo de Latindex y en Google Académico.

DERECHOS DE AUTOR

Los autores que publican en esta revista están de acuerdo con los siguientes términos:

1. Los autores conservan los derechos de autor y garantizan a la revista el derecho de ser la primera publicación del trabajo.
2. Los autores pueden establecer por separado acuerdos adicionales para la distribución no exclusiva de la versión de la obra publicada en la revista (por ejemplo, situarlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro), con un reconocimiento de su publicación inicial en esta revista.
3. Se permite y se anima a los autores a difundir sus trabajos electrónicamente (por ejemplo, en repositorios institucionales o en su propio sitio web) después de su publicación, ya que puede dar lugar a intercambios productivos, así como a una citación mayor de los trabajos publicados.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO

**Revista Semestral
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**
Av. Colombia entre Chile y Salvador (Campus Ingahurco)
Telf: 032 522 621 / **Fax:** 032 521 084
revista.dide@uta.edu.ec

www.uta.edu.ec