

**COLOQUIO DE INVESTIGACION MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM - REVISTA ELECTRÓNICA ARBITRADA
(ISSN2007-8102)**

latindex

**OCTUBRE 2017
VOL.5 No.2**



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



**Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Orizaba**

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 5, NÚMERO 2, OCTUBRE 2017

ISSN: 2007-8102

DIRECTORIO

Ing. Rogelio García Camacho
Director del Instituto Tecnológico de Orizaba

M.I. Araceli Jiménez Mendoza
Subdirectora Académica

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda
Subdirectora de Planeación y Vinculación

Ing. Arturo Ruiz Ochoa
Subdirector de Servicios Administrativos

Dr. Rubén Posada Gómez
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Fernando Ortiz Flores
Responsable General

M.C. María Elena García Reyes
Responsable de Logística

M.C. María Cristina Sánchez Romero
Ingeniería Administrativa

Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez
Ingeniería Industrial

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle
Ingeniería Electrónica

Dr. Ignacio Herrera Aguilar
Ingeniería Mecatrónica

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández
Ingeniería en Sistemas Computacionales

Dra. Leticia López Zamora
Ingeniería Química

M.C. Elvia Osorio Barradas
Investigación Educativa

COORDINACIÓN EDITORIAL

M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 5, NÚMERO 2, OCTUBRE 2017

ISSN: 2007-8102

© D.R. Instituto Tecnológico de Orizaba
Av. Oriente 9 No. 852
C.P. 94320
Orizaba, Veracruz México
<http://www.cim-tecnm.com/journal-cim-open-access>
<http://www.itorizaba.edu.mx>

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, Vol. 5, Núm. 2, octubre 2017, es una publicación anual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Orizaba, Arcos de Belén Núm. 79, Piso 3, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, Ciudad de México, Tel. 5536011000 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx. Editor Responsable Ma. Antonieta Abud Figueroa. Reserva de derecho al Uso Exclusivo NO. 04 - 2013 - 093010380600 – 203, ISSN 2007-8102, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056. Fecha de última modificación, 23 de octubre de 2017.

Su objetivo principal es difundir resultados de proyectos de investigación de personal adscrito a diversas instituciones nacionales y extranjeras.

Para su publicación los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución.

Revista Indexada en LATINDEX



COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

<i>MSC Luis Emiro Belloso Araujo</i>	Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt (UNERMB)
	Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín (URBE). Venezuela
<i>Dra. Laura Romo Rojas</i>	Universidad Autónoma de Aguascalientes
<i>Dr. Roberto González Acolt</i>	Universidad Autónoma de Aguascalientes
<i>Dr. Felipe de Jesús Salvador Leal Medina</i>	Universidad Autónoma de Aguascalientes
<i>M.I.A Alicia Agueda Conde Islas</i>	Consultora en Servicios Profesionales y Empresariales
<i>M.C. Guillermina Pérez González</i>	Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán Consultora de área de producción INADE
<i>Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya</i>	Instituto Tecnológico de Zitácuaro
<i>Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares</i>	Universidad de Guanajuato.
<i>MME. Carlos Medina Tello</i>	Instituto Tecnológico de Zitácuaro.
<i>M.I.A. Liliana Pérez Trujano</i>	Consultora en Servicios profesionales y Empresariales
<i>M.C. Víctor Ricardo Castillo Intriago</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.A.E. Fernando Aguirre y Hernández</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Marcos Salazar Medina</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.A.E. Maricela Gallardo Córdova</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Ma. Cristina Sánchez Romero</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Edna A. Romero Flores</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Ángel Machorro Rodríguez Q.E.D</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.A.D Antonio Ramírez Zepeda</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Modesto Raygoza Bello</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Eduardo Roldán Reyes</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Guillermo Cortés Robles</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA INDUSTRIAL

M.I.I. Bruno A. Villalobos Martínez

M.I.I. César Argüelles

M.I.I. Aldair Matheis de La Cruz

M.C. Luis Enrique García Santamaria

C. Dr. Juan Carlos Flores García

M.I.I. Fernando Ortiz López

Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares

M.I.I. Ma. Antonieta Rosas Trinidad

Dra. Karla Diaz Castellanos

Dr. Carlos Díaz Ramos

Dr. Carlos Eleazar Pérez Pucheta

MC. Magno Ángel González Huerta

Dr. Mario Leoncio Arriola Rodríguez

Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre

M.C. Jorge Luis Hernández Mortera

M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez

Dr. Luis Carlos Flores Ávila

Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez

Dr. Fernando Ortiz Flores

Dr. Guillermo Cortes Robles

M.I.I. Areli Brenis Dzul

Dr. Hilarión Muñoz Contreras

Dra. María Eloísa Gurruchaga Rodríguez

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica

Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica

Universidad de Guanajuato

Universidad Tecnológica de Tehuacán

Universidad Veracruzana

Instituto Tecnológico de Orizaba/ Universidad Veracruzana

Instituto Tecnológico de Orizaba/Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-CCV

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Dr. Carlos Omar González Morán

Universidad Autónoma del Estado de México,
Centro Universitario Valle de México

Dra. Nayda Patricia Arias Duque

Universidad de Boyaca, Sede Sogamoso.
Departamento de Química y Bioquímica

Dra. Citlalli J. Trujillo Romero

Instituto Nacional de Rehabilitación. División
de Investigación en Ingeniería Médica

Dra. Argelia Rivera Vargas

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
Departamento de Ingeniería Bioquímica

Dr. Mario Ibrahim Gutiérrez

CONACYT-Instituto Nacional de Rehabilitación

M en C Rocío Ortega Palacios

Universidad Politécnica de Pachuca

M en I Carlos Aguilar Lazcano

Universidad Veracruzana

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Dr. Gerardo Águila Rodríguez

Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González

Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín

Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

SISTEMAS COMPUTACIONALES

<i>Dra. María Laura Caliusco</i>	Universidad Tecnológica Nacional, Santa Fe, Argentina
<i>Dr. Asdrúbal López Chau</i>	Universidad Autónoma del Estado de México
<i>Dra. Alejandra García Hernández</i>	Centro de Investigación en Matemáticas CIMAT, Zacatecas
<i>Dr. Osslan Osiris Vergara Villegas</i>	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<i>Dra. Vianey Guadalupe Cruz Sánchez</i>	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<i>Dr. Vicente García Jiménez</i>	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<i>Dr. Manuel Mejía Lavalle</i>	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
<i>Dr. Juan Carlos Rojas Pérez</i>	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
<i>Dr. Juan Gabriel González Serna</i>	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
<i>Dr. Dante Mújica Vargas</i>	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
<i>Dra. Sandra Edith Nava Muñoz</i>	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
<i>Dr. Raúl Cruz Barbosa</i>	Universidad Tecnológica de la Mixteca
<i>Dr. Fevrier Adolfo Valdez Acosta</i>	Instituto Tecnológico de Tijuana
<i>Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya</i>	Instituto Tecnológico de Zitácuaro
<i>Dra. Lluvia Carolina Morales Reynaga</i>	Universidad Tecnológica de la Mixteca
<i>Dr. Giner Alor Hernández</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Ulises Juárez Martínez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Lisbeth Rodríguez Mazahua</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. José Luis Sánchez Cervantes</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Hilarión Muñoz Contreras</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. María Antonieta Abud Figueroa</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. S. Gustavo Peláez Camarena</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C.E. Beatriz Alejandra Olivares Zepahua</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.R.T. Ignacio López Martínez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Celia Romero Torres</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA QUÍMICA

<i>Dr. Juan Enrique Ruíz Espinoza</i>	Universidad Autónoma de Yucatán
<i>Dr. Leo Alvarado Perea</i>	Universidad Autónoma de Zacatecas
<i>Dr. Emmanuel Flores Huicochea</i>	CEPROBI. Instituto Politécnico Nacional
<i>Dr. Erasmo Herman Y Lara</i>	Instituto Tecnológico de Tuxtepec
<i>Dra. Ana Laura Martínez Hernández</i>	Instituto Tecnológico de Querétaro
<i>Dr. Carlos Velasco Santo</i>	Instituto Tecnológico de Querétaro
<i>Dr. José Amir González Calderón</i>	Instituto Tecnológico de Celaya
<i>Dr. Alejandro Alvarado Lassman</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Mara Angélica Bello Ramírez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Eusebio Bolaños Reynoso</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Denis Cantú Lozano</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Rosalía Cerecero Enríquez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>MC María Elena García Reyes</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Leticia López Zamora</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Guadalupe Luna Solano</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Juan Manuel Méndez Contreras</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>MIA Adrián Reyes Benítez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Galo Rafael Urrea</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>MIQ Norma Alejandra Vallejo Cantú</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Joaquín Pinto Espinoza</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>MC Erik Samuel Rosas Mendoza</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

<i>M.C. Martha Estrada Sánchez</i>	Instituto Tecnológico De Tlalnepantla
<i>M.C. Ivette Esperanza Corzas García</i>	Universidad Justo Sierra
<i>Dra. Paola Pérez Polanco</i>	Universidad Justo Sierra
<i>Dr. Rosendo Heriberto Martínez Bautista</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Dra. Elda Rosario Ruíz</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Dra. Martha Elena Fernández Ramírez</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>M.C Gabriela Teresa Muñoz Fuentes</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>M.C Julia Maria Muñoz Lara</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>M.C Ignacio López Martínez</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>José Andrés Castillo Hernández</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Dra. Maria Guadalupe Balderrábano Saucedo</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Dr. Hilarión Muñoz Contreras</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>M.C. Rosa María Vega Valera</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>M.C.E.C Elvia Osorio Barradas</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>M.C Lilia Elvira López Venegas</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba

MENSAJE EDITORIAL

En este año el Instituto Tecnológico de Orizaba cumple 60 años de ofrecer Educación Superior con lo cual ha contribuido al desarrollo de la sociedad que cada vez está mejor informada y que además demanda calidad de los servicios educativos. En este mismo año, la División de Estudios de Posgrado e Investigación celebra su 35 aniversario y dentro de este marco se realiza el Coloquio de Investigación Multidisciplinaria CIM-Orizaba 2017.

Actualmente el avance de la investigación, el desarrollo y la innovación enfrenta varios retos entre ellos la inversión, infraestructura, vinculación con la industria, divulgación y recursos humanos altamente capacitados. Para ayudar en la vinculación con la industria y la divulgación el CIM-Orizaba 2017 sigue siendo la plataforma para dar a conocer resultados de la investigación en las diversas disciplinas del conocimiento. Por están razón la contribución de todos los autores y ponentes de los trabajos representa para nosotros una aportación invaluable.

En el CIM-Orizaba 2017 agradecemos la participación de: el Dr. Jorge Cadena Iñiguez del Colegio de Posgraduados (COLPOS) Campus San Luis Potosí, Editor de la Revista Agroproduktividad; el Dr. Luis Alberto Ricardez Sandoval de la Universidad de Waterloo Canadá; el Dr. Carlos Salazar Vargas, Asesor de IES, Consultor y autor de libros en Colombia y del Dr. Jaime Alberto Guzmán Luna de la Universidad Nacional de Colombia por impartir Conferencias Magistrales y Workshops. Así mismo agradecemos al comité de arbitraje, representando a instituciones de reconocido prestigio nacional e internacional por su gran contribución a la selección de los trabajos para ser presentados en las ponencias del evento y que forman parte de la revista arbitrada y con índice en Latindex "Coloquio de investigación Multidisciplinaria".

Es importante mencionar que se continuará buscando la colaboración de investigadores externos a nuestra institución para que la aceptación de artículos siga siendo avalada por un comité de arbitraje formado por expertos en la materia.

Este año se recibieron más de cuatrocientas contribuciones de las cuales se presentó el sesenta y tres por ciento de ponencias orales en las áreas multidisciplinarias de Ingeniería Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Administrativa, Sistemas Computacionales, Investigación Educativa, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Mecatrónica.

Agradecemos su participación y confianza a los que participan por primera vez y a quienes nos han acompañado en nuestras ediciones anuales del Coloquio. Todos sus comentarios son muy valiosos ya que nos servirán para mejorar la calidad de nuestro evento.

OJALÁ QUE SU ESTANCIA EN ESTE PUEBLO MÁGICO HAYA SIDO DE SU AGRADO Y LOS ESPERAMOS EL SIGUIENTE AÑO.

ATENTAMENTE

COMITÉ ORGANIZADOR

ÍNDICE GENERAL

Ingeniería Administrativa	1
Ingeniería Industrial	346
Ingeniería Electrónica	605
Ingeniería Mecatrónica	691
Sistemas Computacionales	741
Ingeniería Química	862
Investigación Educativa	1431

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

- ED01 IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE ASESORÍA DE PARES EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA. 1438**
Laura Leticia Mendoza Cruz, Araceli Jiménez Mendoza, Ena Erandy Díaz López, Argimida Guadalupe Bazán Méndez and Paula Carolina Mendoza García
- ED02 IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN DEL SOFTWARE EDUCATIVO EN LAS MATEMÁTICAS DISCRETAS. 1446**
Elvia Osorio Barradas, María Guadalupe Balderrábano Saucedo, Rita Hernández Flores, Elda Rosario Ruiz and Julia María Muñoz Lara.
- ED03 ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DEL PENSAMIENTO CRÍTICO DE UN ESTUDIANTE AL INTERACTUAR EN UNA AULA VIRTUAL. 1452**
Jesús Antonio Álvarez Cedillo, Patricia Pérez Romero and Jacobo Sandoval Gutiérrez
- ED04 EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS PARA ANÁLISIS DEL OLEAJE, INGENIERÍA CIVIL, I.T. BOCA DEL RÍO 1459**
Virginia Alcántara Méndez.
- ED05 APLICACIÓN MÓVIL PARA EL USO GRAMATICAL DE ADJETIVOS Y ADVERBIOS EN EL IDIOMA INGLÉS. 1466**
Maricela Morales Hernández, Dalia Silva Martínez, Elia Caballero Rafael, Arturo Hernández Márquez and José Alfredo Vicente Vicente.
- ED06 LLEVANDO PYTHON A LAS AULAS. 1472**
Alberto Pedro Lorandi Medina, Guillermo Hermida Saba, Alfonso Cuauhtémoc García Reynoso, Pedro Javier García Ramírez and Gerardo Mario Ortigoza Capetillo.
- ED07 MODELO DE UN SISTEMA TUTOR INTELIGENTE PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL. 1479**
Alejandra Gordillo-Guillén, Héctor Andrade-Gómez and Rafael Rivera-López.
- ED08 CAPACITACIÓN DOCENTE DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TEPIC Y LA RELACIÓN CON LA EVALUACIÓN Y DESEMPEÑO. 1486**
Teresa Elizabeth García Torres, Briseida Sandoval González and Sonia Espinoza Morales
- ED09 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA TERMINAL EN LAS CARRERAS DEL ITS LP. 1494**
María Leonor Rosales Escobar, María Eugenia Navarrete Sánchez and Brenda Córdova Nepomuceno
- ED10 MODELO ESTRATÉGICO QUE SUSTENTA LA IMPORTANCIA DEL CURRÍCULUM FLEXIBLE EN LA IES. 1502**
Rodrigo Urcid Puga, Susana Pérez Milicua Mendoza and José Pablo Nuño de la Parra.

Llevando Python a las aulas

A. Lorandi Medina^{1*}, G. Hermida Saba¹, A. García Reynoso¹, P. García Ramírez¹, G. Ortigoza Capetillo²

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Juan Pablo II s/n, Frac. Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver., México

²Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Cza. Adolfo Ruiz Cortines No. 455, Frac. Costa Verde, 94294, Veracruz, Ver., México

*alorandi@uv.mx

Área de participación: Tecnologías de la información en educación

Resumen

Se describe la instalación y puesta en operación de un servidor con Jupyter en la Universidad Veracruzana, para ofrecer a estudiantes y académicos una aplicación web de código abierto, que les permita crear y compartir documentos de texto enriquecido que contengan código, ecuaciones y gráficas, mediante "Notebooks" o libretas de notas. Sus usos en la academia, investigación y docencia incluyen: ejecución y depuración de código, manejo de datos, simulación numérica, modelado estadístico y herramientas para la solución de problemas científicos. En el servidor se incluyen además tres núcleos (Kernels) para poder acceder a las aplicaciones de Software Libre GNU/Octave, Scilab y GNUPlot, enriqueciendo su aplicación en docencia, investigación y programación. Las pruebas hasta este momento muestran un buen desempeño y esta herramienta demuestra como las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), combinadas con Software Libre pueden ofrecer excelentes opciones para la enseñanza en la ingeniería y otras áreas.

Palabras clave: Python, Aplicaciones WEB, TIC.

Abstract

We describe the installation and start-up of a server with Jupyter at the University of Veracruz, to offer students and academics an open source web application that allows them to create and share rich text documents containing code, equations and graphs, through notebooks. Its uses in academic, research and teaching includes: code execution and debugging, data management, numerical simulation, statistical modeling, and tools for solving scientific problems. The server also includes three kernels to access GNU/Octave, Scilab and GNUPlot Open Source Software applications, enriching its application in teaching, research and programming. The tests show good performance and this tool demonstrates how Information and Communication Technologies (ICT) combined with Free Software can offer excellent options for teaching in engineering and other areas.

Key words: Python, WEB applications, TIC.

Introducción

El término Cloud Computing o Computación en la nube es ya algo tan cotidiano como las computadoras mismas, cada día las aplicaciones en línea son usadas por millones de personas y ya no es necesario que en una computadora, se tengan instaladas muchas de las aplicaciones que podemos encontrar disponibles y listas para ser usadas en internet, el único requisito es tener acceso a éste. De hecho, la llamada Web 2.0 [DiNucci (1999) y O'reilly (2004)], es ya una realidad palpable e inclusive, la Web Semántica [Tim Berners-Lee (2001)], y reflejada en los buscadores semánticos está cada vez más próxima, la llamada Web 3.0, vista como una convergencia de la Web 2.0 y la Web Semántica ha traído nuevos modelos tecnológicos tales como: Software como Servicio, Virtualización y Almacenamiento Web y sobre todo la posibilidad de la enseñanza en línea.

En la educación, el uso de herramientas en línea es ya también algo natural, los sistemas de formación y educación a través de internet pasando por los sistemas de gestión de contenidos "CMS" (Content Management System), sistemas de administración de aprendizaje "LMS" (Learning Management System), sistemas de manejo de contenidos de aprendizaje "LCMS" (Learning Content Management Systems) y los entornos virtuales de aprendizaje "VLE" (Virtual Learning Environment) tanto en sus modalidades de aprendizaje semipresencial "b-

learning" (Blended Learning) como virtual (e-learning), son una excelente respuesta a la falta de espacios físicos en las instituciones educativas que junto con cursos masivos abiertos en línea "MOOC" (Massive Open Online Courses), serán posiblemente el futuro de la educación, llegando a conceptos como los ambientes de aprendizaje personalizados o "PLE" (Personal Learning Environments) [Attwell (2007)].

Sin embargo, las herramientas disponibles para la enseñanza y las aplicaciones en línea no están integradas al 100%, pocas de ellas cuentan con la opción de tener tanto el acceso a un curso, como a herramientas de software para crear contenidos en un mismo ambiente. y a pesar de que hay opciones prometedoras como "Classroom" [Google (2017)] o "Moodle" [Moodle Pty. Ltd. (2017)] por mencionar solo 2 de ellas, no hay una amplia gama de opciones para contar con un LCMS que es un sistema que permite crear y gestionar material pedagógico para formación mixta (a distancia y presencial), incorpora también herramientas de creación de contenido docente, gestionadas por los responsables del diseño pedagógico, que luego dará paso al uso un LMS, que pone a disposición de los estudiantes los contenidos docentes, permitiendo registrar el seguimiento de los cursos y facilitando la tutoría de los mismos.

Además de lo anterior, en el caso de la enseñanza en las ingenierías, son contados los ambientes donde se pueden mezclar texto enriquecido, matemáticas, gráficas y la posibilidad de ejecutar código, que en los cursos de programación sería de mucha utilidad por ejemplo, en Moodle es posible usar LaTeX [LaTeX (2017)] que permite una escritura de simbología matemática de excelente calidad pero, está limitado a que se tenga un servidor local o que quien administra el servidor que le da el servicio a la institución educativa, permita la ejecución de aplicaciones externas (mediante la función 'system') por mencionar solo una.

Las posibilidades de contar con un ambiente donde se puedan realizar gráficas de funciones matemáticas, ejecutar código de algún lenguaje de programación, realizar o usar matemática simbólica o numérica y poder escribir documentos con simbología matemática, puede enriquecer de sobre manera cualquier herramienta de educación en línea como Eminus diseñado por la UV, además de que ofrecer a nuestros académicos, investigadores y estudiantes, la posibilidad de acceder a un entorno para el cual solo se requiere de un simple navegador WEB para poder hacer computación científica, tiene mucho potencial para la docencia, la investigación y el aprendizaje autónomo, lo que debería formar mejores egresados y si además, se usa o se basa el sistema en Software Libre, les permitirá inclusive, llevar esta herramienta a las empresas donde sean contratados.

Antecedentes

La idea de contar con un sistema como el descrito en nuestra universidad no es nueva, el C.A. Dinámica de Sistemas UVCA-281 ya había trabajado con un proyecto sobre laboratorios virtuales y remotos y un servidor similar al descrito en la introducción de este trabajo, al que se le llamó Canihuá [Lorandi, Hermida, Ladrón de Guevara, García. (2011)], [Lorandi, Hermida, Ladrón de Guevara, Hernández. (2011)] y [Lorandi, Vargas, Ladrón de Guevara, García. (2012)] con buenos resultados, el sistema estaba basado en PHP, JavaScript y algunos CGIs sobre un servidor WEB Apache porque se dio prioridad al uso de aplicaciones de Software Libre.

Este sistema integraba GNUPlot [GNUPlot (2017)], para graficar funciones matemáticas en 2 y 3 dimensiones, llamadas a GNU/Octave [GNU/Octave (2017)] para realizar operaciones matemáticas numéricas (o simbólica con la instalación de algunas librerías), una serie de JavaScripts para acceder a Scilab [Scilab (2017)] para contar con otro ambiente de computación científica y algunos applets para realizar gráficas de Bode, Nyquist y Root-Locus que se ven en las asignaturas de control.

Si bien el desempeño fue aceptable, el uso de scripts, CGIs, rutinas de PHP y las aplicaciones mencionadas complicó las labores de mantenimiento y futuro crecimiento, cuando la idea era tener un ambiente homogéneo sobre el cual ir adicionado módulos o aplicaciones que de manera transparente permitieran hacer crecer el desarrollo, por lo que el proyecto fue relegado a un segundo término hasta pensar en un nuevo desarrollo con mejores opciones para su administración.

El nuevo desarrollo

En el pasado, si se deseaba contar con un ambiente amigable para hacer programación en Python, se estaba casi obligado a usar IPython sin embargo, actualmente el proyecto IPython consiste de 3 interfaces, una consola estándar, una gráfica, conocida como “GUI” (del inglés graphical user interface), y una en un servidor WEB a la que se puede acceder con un navegador, esta interface WEB se ha convertido de hecho, en la manera de hacer computación científica en Python, que hasta cuenta con un proyecto propio llamado Jupyter [Proyecto Jupyter (2017)], que de hecho está evolucionando hacia el proyecto de JupyterHub [JupyterHub (2017)], de hecho ya se habla del uso del uso de Jupyterhub como en ambiente de computación interactiva para científicos e ingenieros [Fernández, L., Andersson, R., Hagenrud, H., Korhonen, T., Laface, E., & Zupanc, B. (2016)] y de las Libretas WEB (Web notebooks) como una herramienta de conocimientos para estudios comerciales de sistemas en ingeniería [Zentner, J., & McDermott, T. (2017)] y de Nuevas herramientas de software libre para la corrección automática de ejercicios complejos .

Con estos recientes desarrollos del proyecto “Jupyter” y la posibilidad de instalar un servidor “JupyterHUB”, se pensó en cambiar nuestra plataforma de Canihuá a un ambiente basado en Python, porque además de ser libre y ser de hecho una sólida alternativa a aplicaciones de Software Propietario como Matlab, Mathematica o Mapple, ofrece un mayor potencial para el crecimiento y la posibilidad de incluir núcleos (Kernels) que permitan llamar a otras aplicaciones bajo el mismo entorno, algo similar a lo que ofrece SAGE Math [SAGE (2017)], que inclusive integra R [R (2017)], Maxima [Maxima (2017)], IPython y ahora hasta Jupyter Notebooks [Jupyter Notebooks (2017)], ofreciendo el servicio bajo demanda en la nube como algunas otras aplicaciones como SymPy Live [SymPy Live (2017)], Scilab on Cloud [Scilab on Clod (2017)], [Maxima on Line (2017)], o inclusive Jupyter.

Por todo lo anterior en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, nuestro Cuerpo Académico decidió poner en servicio un servidor local de “iPython Notebooks” o ahora de “Jupyter Notebooks”, para poder ofrecer a nuestra institución la posibilidad de contar con una herramienta que se intentará integrar a nuestra aplicación de educación distribuida Eminus y poder así ofrecer, un ambiente donde ejecutar código (en este caso Python), escribir notas con símbolos matemáticos y usar IPython [IPython (2017)] (un shell las librerías disponibles para Python [Python (2017)] como Sympy [Sympy (2017)] (un CAS o computer algebra system) para hacer operaciones con matemáticas simbólicas, NumPy [NumPy (2017)] (un paquete para computación científica), Scipy [SciPy (2017)] (para rutinas numéricas de integración y optimización), Matplotlib [Matplotlib (2017)] (librería para graficar en 2D y 3D de datos y funciones), etc., que sirva como apoyo a la enseñanza de la ingeniería, el aprendizaje autónomo y la investigación.

Además de lo anterior, se pensó en la instalación de algunos núcleos (kernels) que permitan hacer llamadas a alguna aplicación científica como GNUPlot, GNU/Octave o Scilab, para incrementar la versatilidad del servicio, y poder usar herramienta para las asignaturas o experiencias educativas de control, procesamiento de señales, simulación y modelado de sistemas y lógico, los cursos de matemáticas y programación, buscando como objetivo final, que también los alumnos puedan tener acceso a su propio entorno donde llevar al cabo aprendizaje autónomo y resolver todo tipo de tareas donde sea necesario usar un CAS, o depurar código entre otras cosas.

Metodología

Materiales

Como servidor principal se usó una PC Dell Optiplex GX-520 con un disco duro de 800 GB, 8 GB de RAM y un procesador de doble núcleo Intel Pentium 4, el sistema operativo seleccionado fue Ubuntu Server 16.04.2 de 64 bits, actualizado al kernel 4.4.0-78 como base del sistema, sin instalar ambiente gráfico para reducir el consumo del CPU y memoria, se usa SSH para la administración en forma remota o se trabaja de forma local.

En software se usó Python 3.5.1-3 como base, no se usó Apache como servidor WEB porque Jupyter usa Tornado, un framework web escrito en Python, con una librería para el manejo de redes de forma asíncrona que mediante el uso de la red no-bloqueo de E/S, puede escalar a decenas de miles de conexiones abiertas, lo que lo hace ideal para este desarrollo que requieren una conexión de larga duración a cada usuario. (4.5.1) como base, la versión de IPython fue la 6.1.0, matplotlib 2.0.2, numpy 1.12.1, scipy 0.19.0, simply 3.0.10 y JupyterHUB 0.7.2,

con notebook 5.0.0. En la instalación del sistema se usó pip3 como base para tratar de evitar el uso de apt y tener los paquetes los más actualizados posible.

En relación al acceso al sistema, se decidió usar https porque, en la UV, todos los enlaces WEB solo se permiten con SSL/TLS y aunque el tráfico WEB está limitado por seguridad a solo el servidor principal institucional, de forma local se puede hacer uso de servicios WEB pero el sistema queda invisible desde el exterior, sin embargo esto no afecta porque se pretende que el servidor solo sea para uso de la región Veracruz de la Universidad Veracruzana.

Para la segunda fase del entorno y debido a que se pretendió usar 3 kernels para poder hacer uso de computación científica, aparte de contar con el lenguaje Python e IPython como shell, se instaló Scilab, GNUPlot y GNU/Octave, las versiones usadas fueron Scilab 5.5.2-2, GNU/Octave 4.0.0-3, GNUPlot 4.6.6-3, y para los 3 kernels, gnuplot-kernel 0.2.3, octave-kernel 0.26.2 y scilab-kernel 0.8.1. Adicionalmente y porque se requiere el uso de algunas librerías para GNU/Octave como symbolic, signal y sobre todo la librería para sistemas de control, se instalaron control 0.7.0 y slycot 0.2.0, que es prerequisite para usarla. Lógicamente hay un buen número de librerías y ambiente de desarrollo necesarios que sería muy largo enumerar.

La conexión de red es Ethernet a 100Mb., en la subred del Instituto de Ingeniería de nuestra red institucional y el servidor, se conectó a un Switch con puertos de Gbit., para tener el mejor ancho de banda posible y solo quedar limitado, por los recursos del equipo que sirve como base del servicio, de momento no se tiene una fuente de respaldo así que en ocasiones, por falta de energía eléctrica el equipo queda fuera de servicio pero se espera solucionar esto en poco tiempo. En la parte de recursos humanos, el desarrollo fue con miembros del Cuerpo Académico ya que no se ha logrado conseguir estudiantes de servicio social o tesis, que quieran participar en el proyecto porque no se le ha dado mucha difusión por estar en periodo de pruebas, sin embargo ya contamos con una estudiante de servicio social.

Instalación

El tiempo de puesta en servicio del servidor fue de un par de meses, desde la instalación del sistema operativo, hasta la puesta a punto de todo el software y el acceso por https. Por el momento el servidor no se ha pagado al dominio de Active Directory de la U.V. y se está trabajando con cuentas locales pero ya se han hecho pruebas con buenos resultados usando un software que permite a computadoras usando MACOSX y Linux ser parte de un Active Directory Services de Microsoft que, es la base de todos los usuarios de la red institucional de U.V.

Hasta este trabajo, el sistema ya permite abrir "Notebooks" de Python3, GNUPlot, Scilab, GNU/Octave, e inclusive ofrece la posibilidad de crear y editar documentos de texto, crear carpetas y usar una terminal para realizar algunas actividades en modo comando, como la creación de scripts para uso posterior. En lo referente a poner como un servicio la aplicación de JupyterHub, se desarrolló un script que se puso en el arranque del equipo, lo que garantiza que cada vez que se arranca, el servicio de Jupyter Notebooks queda en operación y vale la pena mencionar, que todo el trabajo realizado se almacena de forma permanente por lo que solo se perdería el trabajo realizado en la última sesión, en caso de falta de energía, si el trabajo no se ha guardado.

El sistema permite manejar archivos, salvarlos, cambiarles nombre, manejar carpetas y salvar el trabajo realizado, que junto con el acceso por terminal, permite desarrollar todo tipo de actividades aunque aún se está analizando la seguridad para garantizar que no existan problemas ante posibles intentos de acceso no autorizado o cambios en la configuración que pueden ser peligrosos. Desde la interface WEB también es posible hacer algunas tareas relacionadas con lo que se esté escribiendo o desarrollando, donde además se puede hacer uso de las extensiones para escribir en forma matemática y gracias a LaTeX que permite que en una Jupyter Notebook, sea simple trabajar con celdas.

Los 3 kernels instalados quedaron en funcionamiento con ligeros problemas, aunque existen errores en la documentación para instalar y utilizar el núcleo de GNUPlot, pero esto fue solucionado sin problemas durante la instalación del servidor. Dentro del desarrollo de Jupyter existen varios kernels adicionales aún en desarrollo que por el estado de estos, no se ha decidido usarlos en el sistema instalado.

Resultados y discusión

El sistema en general

De acuerdo a lo observado el desempeño del sistema es aceptable, a pesar de ser solo una PC la que hace las veces de servidor de JupyterHub no se notan problemas de latencia notables, tiempos de espera excesivamente largos y el funcionamiento, es relativamente similar al de la aplicación corriendo localmente en una PC cualquiera, lo que hace pensar que al migrar a un servidor dedicado con mejores recursos, la solución pueda funcionar de manera muy eficiente. Inclusive accediendo desde el exterior de UV mediante una VPN, no se nota latencia o tiempos de respuesta demasiado significativos por lo que puede ser ésta, una solución al problema de no poder acceder a servidores WEB dentro de la UV. El desarrollo de Python, IPython y Jupyter ha obligado a efectuar labores de actualización semanales, esto sumado a las actualizaciones propias de Ubuntu, se ha requerido mantener una política de actualización constante que si bien puede consumir tiempo, las ventajas han sido notorias, el desempeño y mejoras en el sistema han mejorado su usabilidad por lo que se establecerán los fines de semana para labores de mantenimiento y actualización de todo el sistema.

La funcionalidad del servidor sin considerar los kernels adicionales es buena, el código en Python corre sin problemas, con algunas instrucciones iniciales para el uso de gráficos, fórmulas y matemáticas simbólicas, el código que podemos encontrar en Internet corre sin problemas, lo que hace muy versátil este desarrollo y permite ver mucho de su potencialidad en la docencia, Eminus hasta este momento no permite el uso de LaTeX para contar con fórmulas en las actividades, tutoriales y evaluaciones pero, usando algunas Jupyter Notebooks, esto puede ser cosa del pasado y su uso en cursos en línea o distribuidos puede mejorar notablemente.

Los 3 kernels instalados

Algo similar ocurre con el uso del kernel de GNUPlot, salvo algunos problemas relacionados con las librerías o aplicaciones que generarán la salida del código, se puede decir que funciona de manera adecuada, tanto con salida a imágenes JPG, PNG o inclusive SVG. En el caso del kernel de GNU/Octave, solo ha sido necesario adicionar algunas librerías al inicio de las Jupyter Notebooks para que el código funcione sin problemas, la librería de Control solo requiere algunos cambios para poder generar gráficas de Root-Locus, Bode, Nyquist y respuesta en el tiempo, lo que permite modelar, simular y diseñar controladores que, en las asignaturas de control es algo básico y puede hasta generar algo de innovación en la docencia.

El kernel de Scilab si ha presentado algunos problemas, sobre todo a la hora de generar las correspondientes gráficas de GNU/Octave, sin embargo todo lo relacionado con código y matemáticas numéricas funciona sin problemas, inclusive mucho del código encontrado en Internet o en libros y tutoriales se puede ejecutar casi sin cambios, basta pegarlo en las Jupyter Notebooks, para obtener los mismos resultados. Aplicando esto a los cursos de álgebra lineal, métodos numéricos y ecuaciones diferenciales, puede abrir nuevas posibilidades en la enseñanza de la ingeniería pero, será necesario trabajo adicional para solucionar el problema de los gráficos, sobre todo en los colores que es donde se presentan los problemas principales.

Las librerías de SciPy funcionan sin problemas, se pueden hacer operaciones matemáticas simbólicas, con salida en texto o con LaTeX, lo que ofrece mucho potencial para el área de las ingenierías, desde los cursos básicos de física, programación y matemáticas, hasta asignaturas del área de formación terminal, inclusive hasta para hacer algo de investigación y modelar o simular sistemas, que desde luego, requerirá de cursos de formación y actualización a algunos docentes que no estén familiarizados con Python y las aplicaciones mencionadas. En lo referente al uso de texto mezclado con LaTeX el sistema es bastante eficiente, si bien hay que poner el código y a partir de éste obtener las ecuaciones, resulta adecuado para la creación de notas, tutoriales e inclusive hasta para enseñar a usar este lenguaje que en ingeniería resulta de mucha utilidad.

Trabajo a futuro

Los problemas detectados con el kernel de Scilab que no generan las gráficas correspondientes en algunas partes como las gráficas de Root-Locus y gráficas de Bode, tienen que ser solucionados antes de liberar el proyecto, que si bien esto se puede hacer usando el kernel de GNU/Octave, es deseable que se pueda realizar con el de Scilab, lo que nos puede obligar a no liberar esta parte del desarrollo o a tener varios servidores, cada uno de ellos con un kernel distinto. De igual forma, existe un kernel de Maxima [Maxima (2017)] experimental que en Ubuntu, no está compilado con Lisp, un requisito para su uso, pero se tiene pensado incluirlo por su potencial en la docencia, hasta ahora se han realizado algunas pruebas y se ha generado un ejecutable de Maxima compilado

con Lisp pero los resultados dejan mucho que desear; esto queda pendiente para un futuro cuando el desarrollo del kernel esté mucho más estable. De igual manera, la integración a Active Directory Services de Microsoft está pendiente porque se requieren mayores pruebas y lo mismo pasa en la integración a nuestra herramienta en Eminus, que si bien permite colocar enlaces y hacer uso del servidor JupyterHub, todavía requiere algunos trabajos para permitir que los estudiantes puedan hacer uso de ella.

Dentro de un proyecto denominado “Integración de Laboratorios Virtuales y Remotos”, el cuerpo académico UVCA-281 Dinámica de Sistemas pretende integrar este servidor a un desarrollo experimental de una plataforma de cómputo y hardware abierta, que permita la interoperabilidad para el fomento, difusión, explotación y gestión de diversos tipos de laboratorios virtuales y remotos, aplicaciones móviles y equipo de laboratorio didáctico, para la realización de prácticas reales a distancia y experimentos en línea, con acceso remoto a través de Internet y local en sitio, para experiencias educativas de los programas de ingeniería de control del área técnica de la Universidad Veracruzana, y este desarrollo es parte importante del proyecto. Aún está pendiente la documentación, manuales de uso del sistema y ejemplos generales para ponerlo en operación y a disposición de la comunidad universitaria, esto se espera que esté listo en este mismo año para liberar a más tardar en el 2018 el servidor de Jupyter Notebooks para nuestra casa de estudios en la región Veracruz.

Conclusiones

Las Jupyter Notebooks son una prometedora herramienta para mejorar la enseñanza en las ingenierías, el poder combinar en un documento código de computadora (Python) con elementos de texto enriquecido (párrafos, ecuaciones, figuras, enlaces, etc.), que además permita que estos documentos sean lo suficientemente legibles y puedan contener una descripción del análisis y los resultados (figuras, tablas, etc.), combinados con partes ejecutables, ofrecen un enorme potencial para la docencia. El poder además en una arquitectura cliente-servidor crear, editar o modificar documentos propios de la ingeniería, desde un servidor remoto a través de Internet, ofrece enormes posibilidades para el aprendizaje autónomo.

La puesta en operación de un servidor Jupyterhub en nuestra casa de estudios que pueda ser vinculado a nuestra herramienta de educación en línea Eminus, podría permitir la creación de mejores cursos para nuestros estudiantes, mejorando sus competencias y permitiendo a los docentes en el área técnica incursionar en una nueva forma de presentar contenidos digitales que contengan ecuaciones, procedimientos, código, gráficos en dos y tres dimensiones, además de permitirles hacer operaciones matemáticas numéricas y simbólicas con una excelente presentación, inclusive, tener las notas de clase en documentos vivos que puedan ser fácilmente modificados.

Hasta este momento el sistema instalado ha presentado buen desempeño, poca carga en el servidor y tareas de administración relativamente sencillas, basta hacer las actualizaciones pertinentes en un servidor de pruebas en una computadora virtualizada para garantizar que no existen problemas, y aplicar estas actualizaciones al sistema en producción. Aún en acceso remoto bajo una VPN, el desempeño es bueno y no se detecta latencia importante o retardos notables en la respuesta del sistema, aunque dependiendo de lo extenso de cada Jupyter notebook, el tiempo para recalcular puede variar pero en general, esto no toma más allá de uno o dos minutos.

El poder acceder a un entorno por usuario donde se pueda crear scripts, código o pequeñas rutinas que faciliten el trabajo es también una ventaja y como tanto el acceso por Internet como el acceso remoto se hace con comunicación encriptada, se puede tener algunos márgenes de seguridad razonables. Si bien algunas partes aún no están listas para ponerlas en un servidor de producción, los resultados son alentadores y prometedores. Todavía faltan algunos trabajos adicionales como el pegar el servidor al Active Directory Services que usa la UV para validar a sus usuarios pero ya se ha avanzado en este tema y es cuestión de algunos trabajos adicionales y pruebas, de hecho ya se tiene un servidor de pruebas que valida sus usuarios contra Active Directory. El sistema se tiene planeado que quede en operación para la región Veracruz de la UV en diciembre de este año y será cuando se lleven a cabo pruebas con más usuarios ya que actualmente solo se tienen 5 cuentas de prueba para hacer el seguimiento del desempeño.

Referencias

1. DiNucci, D. (1999). Fragmented future. Print, 53(4), 32.
2. O'reilly, T. (2005). What is web 2.0.
3. Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. Scientific american, 284 (5), 28-37.
4. Attwell, G. (2007). Personal Learning Environments-the future of eLearning?. Elearning papers, 2(1), 1-8.
5. Google. (s.f.). Google for Education. Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://edu.google.com/>
6. Moodle Pty Ltd. (s.f.). Moodle. Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://moodle.org/V>
7. LaTeX. LaTeX. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://www.latex-project.org/>
8. Python. Python Software Foundation. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://www.python.org/>
9. Sagemath. Sagemath Developers. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://www.sagemath.org/>
10. IPython. IPython development team. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://ipython.org/>
11. Sympy. SymPy Development Team. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://www.sympy.org/>
12. Scipy. Scipay Developers. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://www.scipy.org/>
13. NumPy. NumPy Developers. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://www.numpy.org/>
14. Matplotlib. NumFocus. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://matplotlib.org/>
15. GNUPlot. GNUPlot. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://www.gnuplot.info/>
16. GNU/Octave. GNU. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://www.gnu.org/software/octave/>
17. Scilab. Scilab Enterprises. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://www.scilab.org/>
18. Lorandi, A., Hermida, G., Ladrón de Guevara, E., García, A. (2011). Gráficas y matemáticas en un navegador con Canihuá. Revista Internacional de Educación en Ingeniería, Volumen 4, No. 1, ISSN 1940-1115, 28-34.
19. Lorandi, A., Hermida, G., Ladrón de Guevara, E., Hernández, J. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. Revista Internacional de Educación en Ingeniería, Volumen 4, No. 1, ISSN 1940-1115, 24-30.
20. Lorandi, A., Vargas, J., Ladrón de Guevara, E., García, A. (2012) Sistemas de Control en Canihuá. Revista Internacional de la Educación en Ingeniería, Vol. 5, No. 1, ISSN 1940-1116, 28-34.
21. JupyterLab: The evolution of the Jupyter web interface, O'Reilly. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://www.oreilly.com/ideas/jupyterlab-the-evolution-of-the-jupyter-web-interface>
22. Jupyter. Proyecto Jupyter. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://jupyter.org/>
23. Fernández, L., Andersson, R., Hagenrud, H., Korhonen, T., Laface, E., & Zupanc, B. (2016, June). Jupyterhub at the ESS. An Interactive Python Computing Environment for Scientists and Engineers. In 7th International Particle Accelerator Conference (IPAC'16), Busan, Korea, May 8-13, 2016 (pp. 2778-2780). JACOW, Geneva, Switzerland.
24. Zentner, J., & McDermott, T. (2017, April). Web notebooks as a knowledge management tool for system engineering trade studies. In Systems Conference (SysCon), 2017 Annual IEEE International (pp. 1-5). IEEE.
25. Díaz García, E., Cabrera Granado, E., Gómez Calderón, Ó., Maestre Varea, D., & Domínguez-Adame Acosta, F. (2016). Nuevas herramientas de software libre para la corrección automática de ejercicios complejos. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://eprints.ucm.es/35311/>
26. JupyterHUB. JupyterHub. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://github.com/jupyterhub>
27. R. R Foundation. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <https://www.r-project.org/>
28. Maxima. Project Maxima. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://maxima.sourceforge.net/>
29. Live Sympy. SymPy Development Team. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://live.sympy.org/>
30. Scilab in Clod. Scilab on Clod. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://cloud.scilab.in/>
31. Maxima-online. Maxima-online. (s.f.). Recuperado el 9 de mayo de 2017, de <http://maxima-online.org/>