



# Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

## Formulario de Aprobación Curso de Posgrado 2016

**Asignatura:** Monitoreo de Tráfico Internet – Análisis, Plataformas Big Data y Aplicaciones  
(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Profesor de la asignatura <sup>1</sup>:** Dr. Ing. Pedro Casas, Investigador Senior, Austrian Institute of Technology  
Viena, Austria.  
(título, nombre, grado o cargo, Instituto o Institución)

**Profesor Responsable Local <sup>1</sup>:** Dr. Ing. Federico La Rocca, Prof. Agregado, IIE  
(título, nombre, grado, Instituto)

**Otros docentes de la Facultad:**  
(título, nombre, grado, Instituto)

**Docentes fuera de Facultad:**  
(título, nombre, cargo, Institución, país)

**Instituto ó Unidad:** IIE, Facultad de Ingeniería  
**Departamento ó Area:** Telecomunicaciones

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.  
(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

**Horas Presenciales: 15**  
(se deberán discriminar las mismas en el ítem Metodología de enseñanza)

**Nº de Créditos: 4**  
(de acuerdo a la definición de la UdelaR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem metodología de la enseñanza)

**Público objetivo y Cupos:**  
(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción en el Depto. de Posgrado, hasta completar el cupo asignado)

### Objetivos:

La continua evolución de Internet en la última década se caracteriza por cambios dramáticos en los contenidos que esta ofrece, en la manera en que estos llegan a los usuarios, y en la forma en la que los usuarios acceden a ellos. La Internet de hoy está compuesta por aplicaciones altamente populares tales como YouTube, Netflix, Facebook, WhatsApp, etc., ofrecidas por grandes proveedores de contenido como Google, y que llegan al usuario final a través de redes de distribución de contenidos (CDNs) tales como Akamai, con el fin de maximizar la experiencia del usuario.

El uso masivo de dispositivos móviles conectados a redes celulares para acceder a dichos contenidos completa un escenario complejo, en el cual una plétora de aplicaciones ofrecidas por diferentes proveedores llega a usuarios móviles a través de múltiples tipos de red. Al mismo tiempo, la explosión en los volúmenes y variedad de datos generados por aplicaciones, dispositivos móviles, dispositivos de red, así como la disponibilidad de datos masivos caracterizando el comportamiento de los usuarios, hacen del monitoreo y análisis de tráfico un problema complejo y difícil de abordar. Comprender el funcionamiento y las características del tráfico asociado a estas nuevas aplicaciones, tipos de red y dispositivos es fundamental para los operadores de red, tanto para optimizar sus propias redes como para mejorar la calidad de servicio ofrecido a los usuarios, especialmente en un contexto de alta competitividad donde la experiencia del usuario final es decisiva a la hora de contratar un servicio de acceso a internet. El monitoreo y análisis del tráfico de red a gran escala permite abordar éste y otros problemas asociados a la explosión del volumen de tráfico transportado en redes de gran porte como Internet. Este curso introductorio al monitoreo, caracterización y análisis de tráfico de red tiene por objetivo el presentar un abanico de aplicaciones modernas y de alta relevancia industrial, asociadas al estudio de la Internet de nuestros días. El curso abarca temas variados asociados al análisis de tráfico de red, incluyendo el monitoreo y análisis de tráfico a gran escala en redes celulares, la caracterización de redes de distribución de contenido, el estudio de plataformas de análisis de Big Data (Hadoop, Spark, etc.) en redes, plataformas de metrología globales y distribuidas, técnicas de Machine Learning para análisis de datos, clasificación automática del tráfico de red, detección de



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

ataques de red y de anomalías de tráfico, así como también la predicción y evaluación de la Calidad de Experiencia (QoE) en múltiples aplicaciones multimedia y en servicios ofrecidos sobre la nube (Cloud QoE).

---

### Conocimientos previos exigidos:

El estudiante debe tener conocimiento de los conceptos básicos de redes de telecomunicaciones, así como también manejar conceptos básicos de matemáticas y estadística.

### Conocimientos previos recomendados:

Experiencia previa en el análisis estadístico de datos es altamente recomendable.

---

### Metodología de enseñanza:

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

- Horas clase (teórico):12
- Horas clase (práctico):0
- Horas clase (laboratorio):0
- Horas consulta:3
- Horas evaluación:0
  - Subtotal horas presenciales:15
- Horas estudio: 0
- Horas resolución ejercicios/prácticos:0
- Horas proyecto final/monografía:45
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 60

---

### Forma de evaluación:

Monografía asociada al estudio práctico de uno de los temas del curso, utilizando bases de datos de tráfico y mediciones de Internet disponibles de forma pública en la red.

---

### Temario:

#### Módulo 1 - Introducción y Monitoreo de Tráfico de Red a gran Escala

\* Introducción y temario del curso

\* Monitoreo y Análisis de Tráfico en Internet

\* Monitoreo de Tráfico en Redes Celulares

\* Plataformas para Análisis de Tráfico y Metrología de Red de gran Escala

\* Estudio y caracterización de CDNs

#### Módulo 2 – Plataformas Big Data y su Aplicación en Análisis de Tráfico

\* Introducción

\* Apache Hadoop (HDFS, MapReduce, YARN)



# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

\* El ecosistema Hadoop (Spark, Impala, Sqoop, Flume, etc.)

\* Monitoreo y Análisis con Plataformas Big Data

\* Aplicaciones y Ejemplos

### **Módulo 3 - Machine Learning para Análisis de Tráfico**

\* Introducción

\* Técnicas de Aprendizaje Supervisado

\* Técnicas de Aprendizaje no Supervisado

\* Selección de Características

\* Aplicaciones de ML en Networking (Seguridad, Detección y Diagnóstico de Anomalías, Predicción de QoE)

### **Módulo 4 - Clasificación y Caracterización de Tráfico**

\* Introducción

\* Técnicas de Clasificación de Tráfico

\* Clasificación de Aplicaciones Web

\* Clasificación de Tráfico Semi-Supervisado

\* Aplicaciones y Ejemplos

### **Módulo 5 - Calidad de Experiencia (QoE) en Redes Celulares**

\* Introducción a los conceptos de QoE

\* Modelado y Evaluación de QoE

\* QoE en Servicios Web y Cloud

\* Monitoreo de Tráfico Basado en QoE

\* QoE en Redes Celulares y Terminales Móviles

### **Módulo 6 - Detección de Anomalías en Tráfico de Red y Conclusiones**

\* Introducción al problema de detección de Anomalías en tráfico de red

\* Técnicas de detección de anomalías en tráfico de red

\* Detección y diagnóstico de anomalías de performance y QoE

\* Detección de ataques de red 0-day

\* Conclusiones del curso y coordinación de la tarea final



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

### Bibliografía:

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

**Data Traffic Monitoring and Analysis: From Measurement, Classification, and Anomaly Detection to Quality of Experience,**

E. Biersack, C. Callegari, M. Matijasevic (eds.), Lecture Notes in Computer Science, vol 7754, 2013.

**Big-DAMA: Big Data Analytics for Network Traffic Monitoring and Analysis** P Casas, A. D'Alconzo, T. Zseby, M. Mellia ACM SIGCOMM LANCOMM Workshop, 2016

**Grasping Popular Applications in Cellular Networks with Big Data Analytics Platforms** P. Fiadino, P. Casas, A. D'Alconzo, M. Schiavone, A. Bär IEEE Transactions of Network and Service Management, 2016.

**DBStream: A holistic approach to large-scale network traffic monitoring and analysis** A Baer, P Casas, A D'Alconzo, P Fiadino, L Golab, M Mellia, E Schikuta Computer Networks, 2016

**Modeling the YouTube Stack: From Packets to Quality of Experience** F Wamser, P Casas, M Seufert, C Moldovan, P Tran-Gia, T Hossfeld  
Computer Networks, 2015

**Next to You: Monitoring Quality of Experience in Cellular Networks from the End-devices** P Casas, M Seufert, F Wamser, B Gardlo, A Sackl, R Schatz IEEE Transactions of Network and Service Management, 2016.

**Machine-Learning Based Approaches for Anomaly Detection and Classification in Cellular Networks** P. Casas, P. Fiadino, A. D'Alconzo  
Traffic Monitoring and Analysis (TMA2016), 2016

**Unveiling Network and Service Performance Degradation in the Wild with mPlane** P Casas, P Fiadino, S Wassermann, S Traverso, A D'Alconzo, E Tego....IEEE Communications Magazine 54 (3), 71-79, 2015

**mPlane: an Intelligent Measurement Plane for the Internet,** B. Trammell, P. Casas, D. Rossi, A. Bär, Z. Ben-Houidi, I. Leontiadis, T. Szemethy, M. Mellia, IEEE Communications Magazine, vol. 52(5), 2014.

**When YouTube Does not Work - Analysis of QoE-Relevant Degradation in Google CDN Traffic** P. Casas, A. D'Alconzo, P. Fiadino, A. Bär, A. Finamore, T. Zseby

IEEE Transactions on Network and Service Management, vol. 11, no. 4, pp. 441-457, 2014.

**Taming QoE in Cellular Networks: from Subjective Lab Studies to Measurements in the Field** P. Casas, B. Gardlo, M. Seufert, F. Wamser, R. Schatz 11th International Conference on Network and Service Management (CNSM), 2015.

**Understanding YouTube QoE in Cellular Networks with YoMoApp - a QoE Monitoring Tool for YouTube Mobile** F. Wamser, M. Seufert, P. Casas, R. Imer, P. Tran-Gia, R. Schatz ACM MOBICOM, 2015.

**Exploring QoE in Cellular Networks: How Much Bandwidth do you Need for Popular Smartphone Apps?** P. Casas, R. Schatz, F. Wamser, M. Seufert, R. Imer 5th ACM SIGCOMM Workshop on All Things Cellular: Operations, Applications and Challenges, 2015.

**RCATool - A Framework for Detecting and Diagnosing Anomalies in Cellular Networks** P. Fiadino, A. D'Alconzo, M. Schiavone, P. Casas  
27th International Teletraffic Congress (ITC), 2015.



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

**Challenging Entropy-based Anomaly Detection and Diagnosis in Cellular Networks** P. Fiadino, A. D'Alconzo, M. Schiavone, P. Casas

ACM SIGCOMM Computer Communication Review 45 (4), 87-88, 2015

**Online Social Networks Anatomy: on the Analysis of Facebook and WhatsApp in Cellular Networks** P. Fiadino, P. Casas, M. Schiavone, A. D'Alconzo 14th IFIP Networking, 2015.

**MTRAC - Discovering M2M Devices in Cellular Networks from Coarse-grained Measurements** A. Bär, P. Svoboda, P. Casas

IEEE International Conference on Communications (ICC), 2015.

**On the Quest for New KPIs in Mobile Networks: The Impact of Throughput Fluctuations on QoE** P. Casas, A. Sackl, R. Schatz, L. Janowski, J. Turk, R. Imer IEEE ICC Workshop on Quality of Experience-based Management for Future Internet Applications and Services, 2015.

**Hunting Attacks in the Dark: Clustering and Correlation Analysis for Unsupervised Anomaly Detection** J. Mazel, P. Casas, R. Fontugne, K. Fukuda, P. Owezarski International Journal of Network Management, 2015.

**Large-scale Network Traffic Monitoring with DBStream, a System for Rolling Big Data Analysis** A. Bär, A. Finamore, P. Casas, L. Golab, M. Mellia IEEE International Conference on Big Data, 2014.

**Cache-Oblivious Scheduling of Shared Workloads** A. Bär, L. Golab, S. Ruehrup, M. Schiavone, P. Casas 31st IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), 2015.

**DBStream: an Online Aggregation, Filtering and Processing System for Network Traffic Monitoring**, A. Bär, P. Casas, L. Golab, A. Finamore, 5th International Workshop on Traffic Analysis and Classification, 2014.

**Vivisection WhatsApp through Large-Scale Measurements in Mobile Networks**, P. Fiadino, M. Schiavone, P. Casas, ACM SIGCOMM 2014.

**Characterizing Web Services Provisioning via CDNs: The Case of Facebook**, P. Fiadino, A. D'Alconzo, P. Casas, 5th International Workshop on Traffic Analysis and Classification, 2014.

**HTTPTag: A Flexible On-line HTTP Classification System for Operational 3G Networks** P. Fiadino, A. Bär, P. Casas IEEE INFOCOM 2013

**Inside Dropbox: Understanding Personal Cloud Storage Services** I. Drago, M. Mellia, M. Munafo, A. Sperotto, R. Sadre, A. Pras, ACM IMC 2012.

**YouTube Everywhere: Impact of Device and Infrastructure Synergies on User Experience**, A. Finamore, M. Mellia, M. Munafo, R. Torres, S. Rao, ACM IMC 2011.

**Dissecting Video Server Selection Strategies in the YouTube CDN**, R. Torres, A. Finamore, J. Kim, M. Mellia, M. Munafo, S. Rao, ICDCS 2011.

**Pattern Classification, 2nd edition**, R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork.

**Statistical Pattern Recognition: A Review**, A. K. Jain, R. P.W. Duin, J. Mao, IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22(1), 2000. IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22(1), 2000.

**Data Clustering: 50 Years Beyond K-means** A. K. Jain, Pattern Recognition Letters, vol. 31(8), 2010.

**SeLeCT: Self-Learning Classifier for Internet Traffic** L. Grimaudo, M. Mellia, E. Baralis, R. Keralapura,



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

IEEE Trans. on Network and Service Management, vol 11(2), 2014.

IP Mining: Extracting Knowledge from the Dynamics of the Internet Addressing Space, P. Casas, P. Fiadino, A. Bär, 25th International Teletraffic Congress, 2013.

Mini-IPC: A Minimalist Approach for HTTP Traffic Classification using IP Addresses, P. Casas, P. Fiadino, 4th International Workshop on Traffic Analysis and Classification, 2013.

HTTPTag: A Flexible On-line HTTP Classification System for Operational 3G Networks, P. Fiadino, A. Bär, P. Casas, IEEE INFOCOM, 2013.

MINETRAC: Mining Flows for Unsupervised Analysis & Semi-Supervised Classification P. Casas, J. Mazel, P. Owezarski 23rd International Teletraffic Congress, 2011.

Quality of Experience in Cloud Services: Survey and Measurements P. Casas, R. Schatz, Computer Networks, vol. 68(5), 2014.

YOUQMON: A System for On-line Monitoring of YouTube QoE in Operational 3G Networks, P. Casas, M. Seufert, R. Schatz,

ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, vol.41(2), 2013.

Monitoring YouTube QoE: Is Your Mobile Network Delivering the Right Experience to your Customers?, P. Casas, R. Schatz, T. Hoßfeld,

IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2013.

Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience, European Network on Quality of Experience in Multimedia Systems and Services, COST Action IC 1003, 2013.

A First Look at Quality of Experience in Personal Cloud Storage Services, P. Casas, H. R. Fischer, S. Suetter, R. Schatz, IEEE Workshop on Mobile Cloud Networking and Services, 2013.

Quality of Experience in Remote Virtual Desktop Services, P. Casas, M. Seufert, S. Egger, R. Schatz, IFIP/IEEE Workshop on QoE-Centric Management, 2013.

Quality of Experience in Telepresence and Remote Collaboration Cloud Services, P. Casas, D. Paraskevopoulou, G. Settanni, S. Suetter, P. Zwickl, R. Schatz, 4th International Workshop on Perceptual Quality of Systems, 2013.

YouTube & Facebook Quality of Experience in Mobile Broadband Networks, P. Casas, A. Sackl, S. Egger, R. Schatz, IEEE Workshop on Quality of Experience for Multimedia Communications, 2012.

On the Detection of Network Traffic Anomalies in Content Delivery Network Services, P. Fiadino, A. D'Alconzo, A. Bär, A. Finamore, P. Casas, 26th International Teletraffic Congress, 2014.

UNADA: Unsupervised Network Anomaly Detection using Sub-Space Outliers Ranking, P. Casas, J. Mazel, P. Owezarski, 10th IFIP Networking, 2011.

Optimal Volume Anomaly Detection and Isolation in Large-Scale IP Networks using Coarse-Grained Measurements P. Casas, S. Vaton, L. Fillatre, I. Nikiforov, Computer Networks, vol. 54(11), 2010.

Knowledge-Independent Traffic Monitoring: Unsupervised Detection of Network Attacks P. Casas, J. Mazel, P. Owezarski, IEEE Network Magazine, vol.26(1), 2012.



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

### Datos del curso

---

Fecha de inicio y finalización: 9.12.16 – 14.12.16  
Horario y Salón: Viernes a Miércoles, de 18:00 a 21:00, salón Seminarios IIE

---