



UNIVERSIDAD TÉCNICA  
FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Matemática  
MAT-289  
Segundo Semestre 2016

Contrato de Prestación de Servicios  
Laboratorio de Modelación II

Nombre: O'Bryan Cárdenas (201210001-1)  
obryan.cardenas.12@sansano.usm.cl

Valparaíso, 30 de Septiembre de 2016

# Índice

<b>1. Resumen Ejecutivo</b>	<b>2</b>
<b>2. Identificación del Mandante</b>	<b>3</b>
2.1. Descripción de quien contrata . . . . .	3
<b>3. Identificación del Producto a ser Provisto</b>	<b>4</b>
3.1. Descripción del problema a abordar . . . . .	4
3.2. Descripción del producto propuesto . . . . .	5
<b>4. Comparación con Productos Existentes</b>	<b>6</b>
<b>5. Descripción de Etapas</b>	<b>7</b>
<b>6. Descripción de Horas</b>	<b>8</b>
6.1. Horas proveedor . . . . .	8
6.2. Horas asociadas . . . . .	8
6.3. Insumos . . . . .	8
<b>7. Valor</b>	<b>9</b>
<b>8. Anexos: Referencias</b>	<b>10</b>

## 1. Resumen Ejecutivo

En el presente informe se enumeran las principales actividades desarrolladas en el contexto del proyecto de Laboratorio de Modelación II: Estudio de la dimensión fractal de árboles eléctricos.

Además, según lo pedido, se presenta en forma de contrato de prestación de servicios entre el Departamento de Eléctrica de la UTFSM y O'Bryan Cárdenas Andaur.

Es en este sentido que se detalla la identificación del mandante, la identificación del servicio prestado, las etapas, tiempos de ejecución y costos asociados.

## 2. Identificación del Mandante

### 2.1. Descripción de quien contrata

El mandante del presente proyecto es el Departamento de Eléctrica de la Universidad Técnica Federico Santa María. Una de las áreas de investigación de este departamento es la de las "Descargas Parciales", contexto en el cual se enmarca el presente.

Al ser un área de estudio relativamente nueva no existen ejemplos notables de empresas públicas o privadas nacionales o internacionales que hayan solicitado asesorías o productos similares al que se propone en este contrato.

Sin embargo, varias universidades que también estudian las "Descargas Parciales" o la "Dimensión de Correlación" han solicitado, desarrollado o trabajado con productos similares en sus investigaciones, algunas de estas se enumeran a continuación y algunos papers publicados por las mismas en las cuales se demuestra el uso de productos parecidos debido a la presencia de resultados como los que se espera obtener al finalizar este proyectos se referencian en Anexos.

- 1.- Carnegie Mellon University, Pittsburgh, EE.UU.
- 2.- California Institute of Technology, California, EE.UU.
- 3.- Meiji University, Kawasaki, Japan
- 4.- Weizmann Institute of Science, Israel
- 5.- AL-Mustansiriya University, Iraq

## 3. Identificación del Producto a ser Provisto

### 3.1. Descripción del problema a abordar

En el contexto de las "Descargas Parciales" existe un fenómeno llamado "Arborescencia eléctrica" o "Electrical Treeing" que consiste en un proceso destructivo que degrada, por ejemplo, materiales aislantes y se propaga en forma de árbol. El problema a abordar es calcular la dimensión (fractal) asociada a las series de tiempo de un data set de estos árboles.

En ingeniería eléctrica, el término descarga parcial hace referencia a una ruptura dieléctrica localizada en una pequeña región (vacuola) de un sistema sólido o líquido de aislamiento eléctrico sometido a condiciones de estrés de alta tensión que no puentea el espacio entre dos conductores.

Normalmente, una descarga parcial puede dañar el material de aislamiento circundante por la erosión del aislamiento. Esta erosión suele propagarse como una arborización.

Esta arborización usualmente se clasifica según su dimensión fractal (de Box-Counting). Esta dimensión además ayuda a caracterizar algunas características del comportamiento de estos árboles, por ejemplo, mientras menor sea la dimensión de box-counting más rápido será el crecimiento del árbol y por ende, menos durará el aislante en el que crece.

Debido a lo anterior, surge la necesidad de explorar otro tipo de dimensión de estos árboles: la dimensión de correlación de la serie de tiempo de las descargas parciales asociada a los árboles, con el fin de, quizás, encontrar otras relaciones entre los valores encontrados y las características de estos.

Es aquí donde comienza el problema a abordar pues, a pesar de existir un algoritmo en la literatura para calcular esta dimensión, este resulta poco eficiente computacionalmente, llegando a tardar horas (o días para sets grandes de puntos).

Esto último dificulta tanto la obtención de datos como su análisis y a causa de esto se requiere un algoritmo que aproveche mejor los recursos disponibles.

### 3.2. Descripción del producto propuesto

El producto que se propone para resolver la problemática abordada es un programa desarrollado en python, que calcule la dimensión de correlación de forma rápida (en comparación el código disponible) mediante la aplicación de un criterio de representatividad al preprocesamiento de datos de entrada al algoritmo de Grassberger-Procaccia.

La metodología seguida para desarrollar el producto anteriormente descrito se especifica en la sección 5, pero básicamente consiste en entender el fenómeno eléctrico y su contraparte matemática para fabricar un criterio que permita reducir el número de datos necesarios para calcular la dimensión de correlación, es decir, si se dispone de  $N$  datos, actualmente el algoritmo tiene tiempo de ejecución  $O(N^2)$ , la idea del criterio es que baste con un subconjunto de datos, digamos  $M \ll N$ , para reducir significativamente el tiempo de cómputo sin afectar la precisión de forma significativa. A este criterio le llamamos: Criterio de Representatividad, y es el principal aporte al estado del arte del problema.

Finalmente, los productos entregados al finalizar la prestación de servicio consisten en 4 informes (descritos en la sección 5), un programa desarrollado en python y un manual para su utilización.

## 4. Comparación con Productos Existentes

Actualmente, el mandante contaba con un algoritmo que calculaba la dimensión de correlación implementado en MatLab, la deficiencia de este algoritmo era el tiempo de cómputo que, como se mencionó en la sección anterior, era  $O(N^2)$ , donde  $N$  es el número de puntos.

Si bien tanto el algoritmo existente como el propuesto se basan en la técnica introducida por Grassberger y Procaccia en 1983, el propuesto, desarrollado en python, integra un criterio de representatividad (también descrito en la sección anterior) que disminuye de forma considerable el tiempo de cómputo, ya que al no considerar todos los puntos disponibles, la cantidad de operaciones realizadas es menor y por ende la validación y análisis de resultados se puede realizar de forma más expedita sin alterar la precisión de forma significativa.

## 5. Descripción de Etapas

Las etapas, desde la firma del contrato de prestación de servicios son las siguientes (que se supone realizada el 30 de septiembre):

- 1.- **Estudio del área:** Comprensión del fenómeno eléctrico a analizar, descargas parciales, y del estado del arte en el contexto matemático que modela el problema: Series de tiempo, dimensión fractal, etc.

**14 de octubre:** Se entrega un breve informe sobre las conexiones entre la teoría eléctrica y la teoría matemática involucrada en el problema, además de posibles metodologías para solucionarlo.

- 2.- **Estudio del lenguaje Python:** Búsqueda de funciones óptimas (en tiempo de cómputo y cómputo paralelo), desarrollo de un pseudocódigo y búsqueda o desarrollo de un criterio de representatividad (explicado en el punto en la descripción del producto).

**28 de octubre:** Se entrega informe con pseudocódigo, supuestos realizados y el criterio encontrado o desarrollado.

- 3.- **Programación del algoritmo planteado en [2.-]:** Implementación del algoritmo propuesto en Python.

**11 de noviembre:** Se entrega archivo **main.py** con el programa implementado, además un **README.txt** explicando el uso de este, especificando input y output.

- 4.- **Realización de pruebas:** Analizar el data disponible con el código implementado en [3.-] y comparación con el código implementado de forma previa en MatLab para comparar resultados.

**25 de noviembre:** Se entrega informe con el análisis del data, esto es, resultados entregados por el programa, comparaciones entre códigos (resultados, tiempos de cómputo, etc.)

- 5.- **Mejoras:** Búsqueda (o implementación) de mejoras en python u otro lenguaje tanto para la precisión como para el tiempo de cómputo para el algoritmo desarrollado.

**9 de diciembre:** Se entrega informe final con el resumen de lo realizado y con la propuesta de posibles mejoras encontradas.

## 6. Descripción de Horas

### 6.1. Horas proveedor

Tarea a realizar	Número de horas
Búsqueda y lectura papers	10
Implementación de códigos	30
Reuniones con profesores	20
Reuniones con alumnos coolaboradores	30
Redacción de informes	5
Análisis de datos	5
Otros	5
<b>Total</b>	105

### 6.2. Horas asociadas

Persona asociada	Número de horas
Pablo Aguirre	15
Ignacio Ampuero	20
Daniela Contreras	20
Roger Schurch	15

Pablo Aguirre y Roger Schurch: Profesores a cargo del proyecto desarrollado.

Ignacio Ampuero: Alumno de Ingeniería Civil Informática coolaborador con la implementación del programa en python.

Daniela Contreras: Alumna de Ingeniería Civil Matemática coolaboradora con el preprocesamiento y análisis de datos.

### 6.3. Insumos

Insumo	Número de horas
Computador Departamento de Ingeniería Eléctrica	100

## 7. Valor

Para valorizar las horas de las personas involucradas e insumos se estima que la hora de un docente equivale a 10 veces la hora de un alumno. Además, la hora del insumo utilizado, computador, se estima en la décima parte de la hora de un alumno.

Se utiliza como referencia la hora de un docente a 1 U.M. (unidad monetaria).

Con lo anterior se tiene que los costos son:

Categorías	Costo
Docentes	30
Alumnos	14.5
Insumos	1
<b>Total</b>	45.5

Se sugiere los siguientes avances de pago según la etapa cumplida:

Etapa	Avance
Etapa 1	10
Etapa 2	10
Etapa 3	15
Etapa 4	10
Etapa 5	5.5
<b>Total</b>	45.5

Finalmente, se propone como forma de penalización el no pago de avance si la etapa no es cumplida y un 10% de penalización por semana de atraso para una etapa cualesquiera.

## 8. Anexos: Referencias

- [1] K. Kumaraswamy, **Fractal Dimension for Data Mining**.
- [2] J. Theiler, **Efficient algorithm for estimating the correlation dimension from a set of discrete points**, Physical Review, Volume 36, Number 9, 1987.
- [3] K. Kudo, **Fractal Analysis of Electrical Trees**, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol.5 No. 5, 1998.
- [4] P. Grassberger y I. Procaccia, **Measuring the Strangeness of Strange Attractors**, Physica: Nonlinear Phenomena 9 (1-2): 189-208, 1983.
- [5] W. F. H. Al-Shameri y A. J. Mohammed **Approximating The Correlation Dimension Of The Fractal Attractor Of Iterated Function System**, Al-Mustansiriya J. Sci. Vol23.No3, 2012.