



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

2017

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA – FACULTAD DE INGENIERÍA  
Y LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE COMBUSTIBLES, ALCOHOL Y  
PÓRTLAND**

2016-2017

En la ciudad de Montevideo, a los diez días del mes de mayo del año dos mil diecisiete, entre, POR UNA PARTE: La **Universidad de la República – Facultad de Ingeniería (en adelante UdelaR)**, representada por su Rector, Ing. Roberto Markarian, y la Decana de la Facultad de Ingeniería, Ing. María Simon, con domicilio en la calle Av. 18 de julio 1824 de esta ciudad, Y POR OTRA PARTE: La **Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (en adelante ANCAP)**, representada en este acto por la Ing. Marta Gabriela JARA OTERO, el Dr. Miguel Angel TATO, y el Ing. Jorge Ignacio HORVATH, en sus respectivas calidades de Presidente, Secretario General y Gerente General, con domicilio en la calle Paysandú s/n esq. Avenida del Libertador Brigadier General Lavalleja, de esta ciudad, quienes suscriben el siguiente convenio:

mf

**PRIMERO.- ANTECEDENTES.**

- I. La UdelaR y ANCAP han suscrito, con fecha 26 de diciembre de 2008, un convenio general con el objetivo de formalizar el apoyo a proyectos de investigación seleccionados como resultado de los llamados realizados en el marco de las Jornadas ANCAP–UdelaR.
- II. En dicho marco fue seleccionado, en el llamado a proyectos de investigación posterior a las Sextas Jornadas ANCAP – UdelaR, el proyecto denominado “Cálculo óptimo del apetito de riesgo corporativo del negocio Combustible”.
- III. En abril de 2016 ANCAP entendió que no era conveniente en esa instancia la financiación del proyecto, habiéndose iniciado un período de intercambio para reformularlo parcialmente a efectos de ajustarse mejor a la nueva realidad de ANCAP.
- IV. La nueva propuesta se denomina “Cálculo óptimo corporativo del negocio de combustibles incorporando factores de riesgo”.

mf

JARA OTERO

mf

**SEGUNDO.- OBJETIVO.**

El objetivo de este proyecto es desarrollar e implementar un modelo para maximizar el beneficio del negocio combustibles en relación a las decisiones financieras asociadas, manteniendo el riesgo derivado de ese plan de gestión dentro de límites establecidos. En el contexto del proyecto se entiende por negocio combustibles a la

mf



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

adquisición y recepción de crudo y derivados, procesamiento, elaboraciones, almacenamiento y distribución.

### **TERCERO.-FECHA DE INICIO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO Y VIGENCIA**

La fecha de inicio de ejecución del proyecto será a los quince días de firmado el presente convenio y regirá hasta su completa ejecución, conforme al cronograma de actividades del proyecto, que integra el documento adjunto en el Anexo 2. La UdelaR se obliga a ejecutar el proyecto en el plazo máximo de dieciocho meses, contados a partir de la fecha de inicio del proyecto. Ambas partes acuerdan que para el caso de que se produzcan demoras y/o suspensiones en las entregas del financiamiento acordado en el presente no imputables a la UdelaR se prorrogará automáticamente el plazo previsto para la ejecución del proyecto de investigación por el mismo período que haya insumido la demora o suspensión.

### **CUARTO.- EJECUCIÓN FINANCIERA**

Por intermedio del presente ANCAP se compromete a otorgar a la UdelaR –Facultad de Ingeniería y ésta acepta un financiamiento no reembolsable de hasta un millón novecientos cincuenta mil pesos uruguayos (\$1.950.000) a fin de ejecutar el proyecto aprobado que se adjunta (Anexo 2) y que se tendrá como parte integrante del presente. En caso de producirse incrementos salariales en la UdelaR, podrá incrementarse dicho financiamiento en la proporción correspondiente para los componentes sueldos y overhead o sobrecargo que determinan el costo total del proyecto. El mencionado financiamiento no reembolsable será abonado por ANCAP a la UdelaR – Facultad de Ingeniería en tres partes: 40% a la firma del convenio, 40% al aprobarse por parte de ANCAP los entregables “Prototipo de Referencia” (primera versión de la herramienta) e “Informe de avances” y 20% al aprobarse por parte de ANCAP los entregables finales (documentación final incluyendo entrega de herramienta, transferencia y capacitación, presentación de resultados) (ver Anexo 1). Para el caso que ANCAP no se pronuncie sobre la aprobación de los entregables referidos dentro del plazo de 45 días corridos, a contar desde su presentación, el importe retenido deberá ser automáticamente entregado a la beneficiaria, al vencimiento del plazo mencionado.

La ANCAP, entregará a la UDELAR - Facultad de Ingeniería la totalidad del financiamiento en 3 pagos, de conformidad con el cronograma ya referido.

*my*

*K*

*[Handwritten signature]*

*W*

*[Handwritten mark]*



### QUINTO.-MANEJO DE LOS FONDOS

Los desembolsos que realice ANCAP, quedarán condicionados a los siguientes requerimientos:

1. Que la UdelaR entregue a ANCAP los productos acordados.
2. Que del seguimiento que hace ANCAP del proyecto, surja que el avance de las actividades del mismo es concordante con el cronograma aprobado y los entregables sean conforme a lo esperado.
3. Según el avance y en conformidad de ambas partes se podrá redefinir el alcance y cronograma iniciales del proyecto. En ese caso deberá existir una aprobación expresa de la Comisión de Seguimiento.
4. En caso de que, a juicio de ANCAP, se constate que no se cumple con lo establecido, la referida Comisión, solicitará el bloqueo de los desembolsos y la suspensión del proyecto, debiendo en este caso, la UdelaR, presentar una rendición de cuentas con comprobantes fehacientes conteniendo la referencia del proyecto.

### SEXTO- DESEMBOLSOS

Los desembolsos se realizarán contra el cumplimiento de los avances previstos en cada período según el cronograma adjunto, que forma parte integrante del contrato.

### SÉPTIMO.- OBLIGACIONES

La UdelaR se obliga a:

1. Cumplir con el objetivo y alcance del proyecto así como con la metodología y cronograma de actividades.
2. Entregar a ANCAP, al culminar el proyecto un informe final que recoja toda la información generada a través del mismo, sin perjuicio de los datos e informes parciales que durante su ejecución se reúnan y que deberán presentarse de acuerdo a la periodicidad estipulada
3. A manejar con reserva toda la información referida al proyecto.

La ANCAP se obliga a:

1. Cumplir con los desembolsos comprometidos en las fechas pactadas.
2. Comunicar a la UdelaR quiénes serán los referentes del Proyecto por ANCAP.



3. Proporcionar toda la información pertinente, solicitada por UdelaR para el cumplimiento del proyecto.
4. Manejar con reserva toda la información referida al proyecto.

#### **OCTAVO.- MODIFICACIONES AL PROYECTO**

La UdelaR deberá solicitar autorización a ANCAP para toda modificación que proyecte realizar en la metodología y cronograma de actividades y de ejecución, así como las que puedan incidir en el objetivo del proyecto.

ANCAP podrá solicitar modificaciones en función de los avances del proyecto. La Comisión de Seguimiento podrá solicitar modificaciones en función de los avances del proyecto. Toda solicitud de modificación será evaluada y resuelta por la Comisión de Seguimiento.

#### **NOVENO.- MORA**

Queda pactada la mora automática de pleno derecho sin necesidad de interpelación judicial o extrajudicial alguna por un hacer o no hacer algo contrario a lo estipulado.

#### **DÉCIMO.- INCUMPLIMIENTO**

En caso de constatarse algún incumplimiento por cualquiera de las partes, la Comisión de Seguimiento será la encargada de evaluar el mismo, sin que el mismo tenga efecto vinculante para las partes al momento de solicitar la rescisión unilateral.

#### **DÉCIMO PRIMERO.- RESCISIÓN UNILATERAL**

Se pacta expresamente la rescisión unilateral a favor de la UdelaR y de ANCAP. Cuando cualquiera de las partes solicite la rescisión, la UdelaR deberá presentar los informes y rendiciones de gastos a ANCAP, pertinentes hasta la fecha. Ambas partes acuerdan que en caso de que se solicite la rescisión unilateral, la UdelaR no queda obligada a devolver las cantidades ya recibidas en cumplimiento del presente contrato ni los materiales o equipos que se hubieran adquirido a tal fin, ni ninguna otra suma por concepto alguno, siempre que se hubiera cumplido con lo estipulado en el cronograma que forma parte del presente contrato, y que las cantidades entregadas se hubieran aplicado según lo estipulado en este contrato. ANCAP, se reserva la rescisión en etapas anteriores a la finalización, previo pago de la etapa culminada.

*my*

*S*

*[Handwritten signature]*

*3*

*[Handwritten mark]*



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

Para constancia de lo actuado se suscriben cuatro ejemplares del mismo tenor en el lugar y fecha indicados en la comparecencia. Testado: a los diez días del mes de mayo del año dos mil dieciocho, no vale.

Ing. Roberto Markarian  
Rector  
UdelaR

Ing. Marta Jara  
Presidente  
ANCAP

Ing. María Simon  
Decana  
Facultad de Ingeniería

Dr. Miguel A. Tato  
Secretario General  
ANCAP

Por UDELAR-Fac. de Ingeniería:  
Mdeo, 10/05/2018

Ing. Jorge Ignacio HORVATH  
Gerente General  
ANCAP

Por ANCAP:

Mdeo, 24/05/2018



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

#### **DÉCIMO SEGUNDO.- EQUIPAMIENTO E INVERSIONES.**

Los equipos comprados e inversiones realizadas con cargo a este convenio podrán ser utilizados por ANCAP en el futuro previa coordinación con los responsables de los mismos. En la medida de lo posible se aspira a que personal de ANCAP se incorpore a los proyectos de investigación.

#### **DÉCIMO TERCERO.- COMUNICACIONES**

Todas las comunicaciones entre las partes referentes a este convenio se efectuarán por escrito y en forma personal, por telegrama colacionado, carta certificada con aviso de retorno o cualquier otro medio fehaciente, y se reputarán cumplidas cuando el destinatario las haya recibido en el domicilio denunciado en la comparecencia.

#### **DÉCIMO CUARTO.- DOMICILIOS**

Las partes constituyen domicilios a todos los efectos legales a que dé lugar este convenio en los indicados como suyos en la comparecencia.

#### **DÉCIMO QUINTO.- ARBITRAJE**

En caso de que surjan diferencias entre las partes, tanto en la relación a la interpretación o aplicación de este convenio, como en cuanto a la ejecución del proyecto de investigación de que se trate, las mismas serán sometidas a consideración de una Comisión Honoraria integrada por representantes de ambas partes, sin perjuicio de las acciones judiciales que pudieren corresponder si no se lograra un acuerdo.

#### **DÉCIMO SEXTO.- REFERENCIA**

Las partes acuerdan que todo lo no establecido por el presente, se regirá por el convenio general suscrito por UdelaR –ANCAP relacionado en la cláusula primera de antecedentes.

## ANEXO 1 – EJECUCIÓN DE PAGOS y PRESUPUESTO

	Hito	% del total del convenio
Pago inicial	A la firma del Convenio (Inicio)	40
Pago intermedio (Mes 9)	Al aprobarse por parte de ANCAP el "Prototipo de Referencia" (primera versión de la herramienta) e "Informe de avances"	40
Pago final (Mes 18)	Al aprobarse por parte de ANCAP los entregables finales (documentación final incluyendo entrega de herramienta, transferencia y capacitación, presentación de resultados)	20

*mf*

*[Signature]*

*[Signature]*

*[Signature]*

*[Signature]*

### Presupuesto

Rubro	Monto (\$ Uruguayos)
<b>Sueldos</b>	1,755,000.00
<b>Gastos</b>	0
<b>Inversiones</b>	0
<b>Subtotal</b>	1,755,000.00
<b>Sobrecargo (overhead) (CSIC+Fing)</b>	195,000.00
<b>Total</b>	1,950,000.00

*kt*

Anexo 2 – Texto del Proyecto “Cálculo óptimo corporativo del negocio de combustibles incorporando factores de riesgo”.



# Proyecto de Investigación

## Cálculo óptimo corporativo del negocio de combustibles incorporando factores de riesgo

### CONTEXTO

El presente proyecto se gesta durante las jornadas CSIC-ANCAP realizadas en 2014. En ese entonces, la propuesta recogió una inquietud presentada por ANCAP en las referidas jornadas de intercambio con UdelaR, y durante el proceso de postulación se le dio contenido, hasta transformarla en una propuesta documentada que se elevó a inicios de 2015, para pasar posteriormente a la etapa de referato internacional, volver posteriormente a ANCAP a efectos de evaluar su importancia práctica para la corporación, y ser aprobada a fines de 2015.

Se solicitó recientemente que el proyecto original, titulado "Cálculo Óptimo del Apetito de Riesgo Corporativo del negocio Combustible", se reformulara parcialmente a efectos de ajustarse mejor a la nueva realidad de ANCAP. El proyecto actualizado se titula "Cálculo óptimo corporativo del negocio de combustibles incorporando factores de riesgo". El presente documento recoge los cambios solicitados.

### OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este proyecto es desarrollar e implementar un modelo para maximizar el beneficio del negocio combustibles en relación a las decisiones financieras asociadas, manteniendo el riesgo derivado de ese plan de gestión dentro de límites establecidos. En el contexto del proyecto se entiende por negocio combustibles a la adquisición y recepción de crudo y derivados, procesamiento, elaboraciones, almacenamiento y distribución.

La gestión de un plan para la refinación de crudo y producción de derivados incluye la logística del crudo y sus derivados, e implica coordinar sus inventarios (balances de materia), producción, elaboraciones y decisiones de compra diferidas en semanas respecto a las cargas de crudo correspondientes. En el período de carga se revela el precio (incierto a priori) y se inicia el transporte hacia el país. En paralelo pueden darse eventos en la refinería que limitan la capacidad de producción. Algunos de estos eventos son controlables (tareas de mantenimiento programado), mientras que otros son imprevistos, con probabilidades supuestas conocidas. La importación o exportación de combustibles derivados o los ajustes de inventarios, que son instrumentos de contingencia para no interrumpir el abastecimiento, también tienen asociados retrasos entre las decisiones y su concreción. A esto se suma que la importación o exportación de cargamentos se decide dentro de un conjunto discreto de tamaños de parcelas.

La gestión operativa antes descrita debe estar coordinada con la gestión financiera del negocio, que incluye como principales variables aleatorias los precios de compra de crudo, los de importación o exportación de combustibles derivados y las variaciones locales en el tipo de cambio. Asociados a esos eventos, ANCAP ha identificado un conjunto de instrumentos de contingencia, tales como: fondo de reserva para cubrir imprevistos, instrumentos de compra futura de crudo, gestión de la cobertura del tipo de cambio, etc.

En el contexto antes descrito, de incertidumbre en las principales variables del negocio, planificar la gestión financiera y operativa de la refinación implica confeccionar un conjunto de planes (coordinación de instrumentos) que permita mantener la continuidad del negocio ante cualquier trayectoria en el proceso estocástico asociado a los valores que las variables aleatorias tomen a lo largo del horizonte de planificación.

El modelo de optimización a implementar debe confeccionar la planificación que maximiza el beneficio del negocio combustibles, coordinando los planes operativos y financieros, de forma de mantener los objetivos del negocio se mantengan debajo de un umbral definido externamente.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En este proyecto se han identificado cuatro objetivos específicos.

### 1. Modelo de Optimización de Referencia

Corresponde al documento con el modelo algebraico definitivo del problema a resolver. Incluye el detalle completo de las variables de control a usar, el objetivo a optimizar, y las restricciones del problema. En la documentación del modelo también se considera el diseño top-down, esto es, la aproximación elegida para ir desde las entidades abstractas del problema (eventos, entidades y restricciones del negocio, instrumentos disponibles) hasta la formulación matemática.

La definición del modelo de referencia requiere la transferencia previa de conocimiento del negocio, desde ANCAP hacia el equipo de UdelaR. También se prevé la prototipación de sub-modelos a efectos de explorar alternativas del modelo maestro, y las alternativas para cuantificar el riesgo a mantener bajo control. Esto es, se desarrollarán versiones del modelo algebraico que se analizarán en conjunto con las implementaciones correspondientes.

El modelo estará parametrizado, de forma que algunos detalles desconocidos al momento de su entrega (como la cuantificación de la incertidumbre en los eventos), formen parte del conjunto de datos de entrada que definen una instancia.

La generación de instancias podrá realizarse por construcción manual o utilizando los resultados de la calibración estadística de los procesos estocásticos.

El modelado de instrumentos considerará la representación parametrizada de por lo menos un instrumento genérico.

### 2. Herramienta de Optimización

La herramienta de optimización es el software que implementa el modelo de referencia establecido en el punto anterior.

Este objetivo tiene asociado un conjunto de versiones, algunas de las cuales constituyen entregables en sí mismos. El objetivo de la secuencia de versiones es disponer de resultados intermedios que contribuyan a perfeccionar las definiciones o poner énfasis sobre los aspectos más relevantes del problema.

Así, las versiones de la herramienta abarcan desde la prototipación de implementaciones alternativas al modelo, hasta la entrega del código, documentación y ejecutables que constituyen la versión final. Se prevé una entrega intermedia, que implemente un modelo inicial haciendo uso de herramientas de optimización estándar, con el fin de adelantar

conclusiones sobre un conjunto de instancias simplificadas, que permitan conducir a un modelo extendido en forma efectiva.

La versión final contará con la posibilidad de invocar a más de un motor de optimización, haciendo uso de más de una herramienta (ya sean libres o licenciadas) como solver exacto, y/o de implementaciones heurísticas cuando sean necesarias para obtener soluciones de buena calidad en instancias de gran tamaño. En el segundo caso, se explorarán relajaciones del problema para obtener estimaciones del error incurrido.

La herramienta a entregar será autónoma. En particular no incluirá conectores a otros sistemas de ANCAP, ni contará con una interfaz gráfica de usuario (GUI). Se usarán lenguajes y compiladores estándar (C/C++ y GNU GCC Compiler). Entre sus parámetros de ejecución, el programa recibirá el nombre del archivo con los datos de entrada. El archivo de entrada estará codificado en ASCII estándar, formato CSV (Comma Separated Values), sobre una estructura a acordar. Esto permite cargar los datos en cualquier planilla de cálculo para luego exportarlos. Los resultados de la optimización se entregarán en pantalla y/o por el mismo medio y formato de la entrada anterior.

Lo previo refiere a la Herramienta de Optimización. Complementariamente, se desarrollará un componente o se extenderá la misma herramienta, a efectos de filtrar/procesar el resultado para facilitar la interpretación de los mismos. Como posibilidad, se propone instalar un servidor interface WEB para facilitar el uso por parte de los usuarios, donde se instalarán y configurarán los componentes necesarios para dejar la herramienta operativa, a saber: Sistema Operativo, Librerías, Servicios del Sistema y la misma Herramienta de Optimización. El hardware del servidor donde este entorno será instalado será suministrado por ANCAP.

La interface WEB tendría las siguientes funciones:

- Subir archivos con los datos de entrada
- Seleccionar parámetros para la optimización (e.g. algoritmo a usar)
- Disparar la resolución instancias bajo ciertos parámetros y guardar el resultado en un repositorio interno
- Seleccionar alguna de las soluciones precomputadas y elegir vistas para confeccionar un reporte de la solución.
- El usuario tendrá además la posibilidad de descargar alguna de esas vistas en formato CSV para importar el resultado en otra herramienta (como Excel).

Cualquiera sea la implementación acordada, todos los componentes a usar serán de formato abierto (e.g. Linux, Apache, GNU-GCC, GLPK, etc.)

En caso de requerirse autenticación de usuarios (en el servidor WEB por ejemplo), la misma será implementada definiendo usuarios localmente.

La presencia de un servidor central acarrea varias ventajas: **i)** la posibilidad de adquirir hardware de alto rendimiento, compatible con el cómputo intensivo a realizar; **ii)** evita la instalación de software en múltiples terminales de escritorio; **iii)** facilita la adquisición de herramientas licenciadas para enriquecer el conjunto de solvers disponibles (e.g. CPLEX); **iv)** provee un repositorio centralizado de datos y soluciones.

Se prevé una instancia de capacitación para los usuarios, con ejemplos basados en casos realistas analizados durante el proyecto. Los entregables también incluirán las correlaciones desarrolladas y un manual de ayuda. Se considera un período de pruebas posterior a la entrega de la aplicación.

### 3. Instancias de Prueba Representativas

Constituye el conjunto de instancias de referencia para alimentar a la herramienta, con el fin de evaluar el retorno resultante de usarla regularmente en la planificación.

Muchos de los datos que constituyen un insumo para generar esas instancias corresponden a información histórica o prospectiva del negocio, y será proporcionada por ANCAP.

Un capítulo especial merece la calibración de los procesos estocásticos correspondientes a los eventos que introducen incertidumbre en la planificación. Será responsabilidad de ANCAP suministrar la información que permita cuantificar los eventos incluidos en el modelo. Esto comprende tanto a los eventos operativos propios del ente (e.g. la refinería), como los que hereda del mercado (e.g. precios de crudo, tipo de cambio).

En aras de contribuir a mejorar la precisión de la cuantificación estocástica y en caso de estar disponibles, se entiende importante contar con históricos de pronósticos para estos procesos (como estimaciones de precios provistos por consultoras).

Además de calibrar los procesos en base a los pronósticos y series de tiempo disponibles, se trabajará en estimar la correlación entre ellos, a efectos de generar un árbol de escenarios lo más realista posible.

Las instancias serán confeccionadas a efectos de evaluar el desempeño de la herramienta en diversas situaciones. La priorización de los objetivos a evaluar previo a la confección de las instancias será responsabilidad de los expertos de negocio de ANCAP.

No obstante, el equipo de UdelaR apoyará a sus contrapartes a la hora de proveer información estadística, o de los resultados de las aproximaciones intermedias.

### 4. Reporte y Presentación de Conclusiones Finales

Corresponde al cierre del proyecto; donde se: analizan, documentan y presentan a las autoridades las principales conclusiones derivadas del proyecto. Se incluye un informe con los ajustes del modelo algebraico, correlaciones desarrolladas, código desarrollado y software, incluyendo los componentes para su desarrollo. Se incluye además un período de capacitación y transferencia.

## PLAN DE TRABAJO, ENTREGABLES

A continuación, se elabora en los detalles del plan de trabajo propuesto para concretar los objetivos específicos de este proyecto, enumerados en la sección anterior.

Comenzaremos por detallar el conjunto de los seis hitos identificados como fundamentales para el seguimiento de avances durante el proyecto.

- **Definición de Modelo de Referencia**

Este hito corresponde al cierre de todas las definiciones, variables de control, restricciones y objetivo para constituir un modelo formal de optimización de costos para los eventos e instrumentos seleccionados.

- **Implementación de Prototipo de Referencia**

Corresponde a la entrega de la primera versión de la herramienta que implementa el problema de optimización resultante del hito anterior. Esta

herramienta implementará las interfaces según el objetivo, pero no tendrá la potencia para resolver instancias de tamaño realista. Servirá como prueba de concepto y como primer paso para identificar la sensibilidad del resultado ante los distintos parámetros, lo que permitirá concentrar los esfuerzos siguientes en los elementos más críticos.

- **Reporte Ejecutivo de Avances.** Es el reporte ejecutivo de avances del proyecto que acompaña a la entrega del prototipo de referencia,

- **Calibración Estadística de Procesos Estocásticos**

Es el resultado de procesar las series de tiempo asociadas a los eventos inciertos que el modelo debe integrar. Se debe obtener alguna descriptiva, paramétrica o no, que permita ponderar la probabilidad de eventos futuros en base a sus trayectorias históricas y el principio de persistencia en lo que refiere a su comportamiento.

Constituye uno de los insumos principales a la hora de generar las instancias para alimentar al modelo de optimización.

- **Implementación Final de Algoritmos**

El resultado de esta fase es la versión final de la herramienta de optimización, con la misma interface del prototipo, pero con un conjunto de herramientas de optimización que sí permitan resolver instancias del problema realistas en términos de su tamaño.

- **Generación de Instancias de Prueba Completas**

Comprende al conjunto completo de datos necesario para alimentar la herramienta anterior. Incluirá datos representativos de ciertos períodos operativos, e integrará los datos estadísticos derivados de actividades previas (calibración, correlación, integración de pronósticos) con el fin de que el árbol de escenarios a considerar sea lo más realista posible.

- **Presentación de Resultados**

Con posterioridad a la entrega de documentación y la capacitación en el uso de la herramienta desarrollada, se propone un período de pruebas de tres meses, y una instancia final de difusión institucional de los resultados obtenidos.

## Actividades

Se presenta a continuación el conjunto de actividades propuesto con el fin de cumplir los hitos que permiten completar los objetivos específicos (alcance del proyecto) y los entregables.

Las actividades están agrupadas en cuatro etapas que se corresponden a su vez con los objetivos específicos.

### [ET1] Modelo Optimización

**A11: Transferencia de conocimiento de negocio.** Es el resultado del relevamiento y documentación de las entidades, esto es, las variables y restricciones del negocio, tanto operativas como financieras (conocimientos de negocio), así como los eventos inciertos e instrumentos de mitigación de riesgo bajo consideración. Entre los resultados, es indispensable obtener una lista priorizada de eventos e instrumentos a incluir en los modelos.

**A12: Identificar variables y restricciones.** La formulación matemática del problema requiere abstraer e identificar las variables y restricciones a integrar al modelo formal, a efectos de que el resultado sea realista, esto es, posible de ser usado efectivamente en su puesta en práctica. Muchas de estas restricciones son una representación de la casuística propia del negocio (operativas y financieras), mientras que otra parte, en particular la que corresponde a cómo modelar el control del riesgo con el fin de acotar los efectos indeseados de la incertidumbre, constituyen una innovación a ser desarrollada.

**A13: Exploración de variantes.** Identificadas las variables naturales del negocio y restricciones asociadas, y mientras se avanza en el desarrollo de las restricciones correspondientes al modelado del riesgo, se debe identificar y modelar el objetivo primario a optimizar, que en conjunto con las variables y restricciones darán forma al modelo de optimización de referencia. Entre otras tareas, esta actividad demandará la exploración de implementaciones sobre un conjunto de instancias básicas.

**A14: Definición de modelo de referencia.** La concreción de las actividades previas y el ensamble en un modelo integral consistente (llevado adelante en esta actividad), cerraría las definiciones sobre el modelo de optimización de costos para los eventos e instrumentos seleccionados.

## [ET2] Desarrollo de Herramienta

**A21: Prototipación de implementaciones.** Comprende las implementaciones de subversiones del modelo a efectos de su análisis. A tales efectos se usarán herramientas numéricas específicas, en lenguaje interpretado, tales como Matlab, algunos de sus toolboxes y/o herramientas complementarias.

**A22: Implementación de interfaces estándar.** Comprende el desarrollo de la interface de la aplicación con el exterior, dentro de la cual se implementarán los algoritmos que permitan resolver los modelos.

**A23: Implementación de "Prototipo de Referencia".** En la mitad del cronograma se incluye una primera implementación efectiva del software responsable de encontrar soluciones al modelo asociado al hito anterior.

Desde la perspectiva funcional, este software definirá las bases de las interfaces entre los datos de entrada y salida (ASCII/CSV), y el set de parámetros complementarios para cerrar las instancias del modelo. Es decir, cualitativamente es equivalente al programa final, aunque no cuenta con los algoritmos para resolver el problema completo en horizontes de tiempo compatibles con las necesidades reales. De hecho, mediante la ejecución de la herramienta en instancias de tamaño acotado se espera sacar conclusiones respecto a cuáles son las entidades más sensibles hacia los objetivos del negocio.

El desarrollo de algoritmos eficientes para encontrar soluciones en instancias más grandes y realistas, para generar planes sobre horizontes de tiempo más extensos y sobre un árbol de escenarios más rico, constituye un desafío a afrontar en la segunda mitad de este proyecto.

Como Hito derivado de esta actividad, se prevé la entrega de un "Prototipo de Referencia" acompañado de un "Informe de Avances".

**A24: Análisis de complejidad y causa raíz.** Comprende el estudio teórico y práctico de la complejidad computacional del modelo de referencia (NP-Hardness) y su impacto efectivo en lo que respecta a la demora aceptada para encontrar soluciones. En esta actividad se buscarán reducciones a problemas complejos conocidos. Se experimentará sobre qué características del modelo impactan con mayor severidad sobre el tiempo de cómputo.

**A25: Diseño e implementación de heurísticas.** De no conseguir resultados satisfactorios para resolver el problema exacto en instancias realistas haciendo uso de herramientas estándar, se diseñará una heurística que permita construir soluciones factibles de buena calidad en tiempos acordes a las expectativas.

**A26: Diseño de relajaciones.** En caso que la solución del problema requiera el uso de heurísticas, se acompañarán los resultados numéricos con estimaciones del error cometido.

**A27: Implementación final de algoritmos.** Consiste en integrar al "Prototipo de Referencia" la inteligencia adicional desarrollada posteriormente a la liberación del mismo, con el objetivo de proveerlo de herramientas más potentes para resolver el modelo.

### [ET3] Generación de instancias de prueba

**A31: Importar datos.** Es el proceso para interpretar y transformar todos los datos de diversas fuentes hacia un formato coherente y consistente.

**A32: Calibración estadística de procesos estocásticos.** Implica explorar y entrenar modelos estocásticos que aproximen las series de tiempo asociadas a la información histórica de los procesos.

**A33: Generación de instancias de prueba primarias.** Tiene el fin de disponer de información básica para alimentar al "Prototipo de Referencia". Las instancias se definirán sobre ventanas de tiempo de horizonte reducido, y con la información estadística macro disponible a ese momento.

**A34: Calibración de correlaciones.** Además de calibrar los procesos estocásticos en forma independiente, se estimará numéricamente la correlación entre ellos. Esta actividad implementa lo anterior.

**A35: Integración de pronósticos.** Esta actividad busca enriquecer la calidad de los pronósticos puramente estadísticos integrando información. En general, la confiabilidad estadística de los predictores de series de tiempo tiende a aumentar si además de los históricos se integran al modelo datos metodológicamente independientes.

**A36: Generación de instancias de prueba completas.** Conocido el resultado de las actividades previas de esta etapa, se confeccionará un conjunto de escenarios de prueba realistas y representativos de algunos períodos de funcionamiento, tanto pasados como próximos.

### [ET4] Cierre proyecto

**A41: Documentación final. Incluye entrega de la herramienta.** Consiste en la confección de documentos sobre cómo interpretar la información de entrada y salida del programa, en sintonía con los elementos identificados en el modelo de referencia.

**A42: Transferencia y capacitación.** Se prevé un breve curso de referencia sobre la herramienta y una ventana de tiempo para asistir en su uso.

**A43: Presentación de resultados.** Su realización constituye uno de los hitos del proyecto. Se propone una instancia de difusión institucional de los resultados obtenidos, en modalidad a definir, desde una breve presentación a las autoridades hasta un evento público.

Cronograma

El siguiente es el cronograma asociado a las actividades anteriores.  
También se han remarcado los hitos establecidos.

Detalle de actividades		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
		abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	
ET1: Modelo Optimización	A11	Transferencia de conocimiento de negocio																		
	A12	Identificar variables y restricciones																		
	A13	Exploración de variantes																		
	A14	Definición de modelo de referencia																		
ET2: Desarrollo de Herramienta	A21	Prototipación de implementaciones																		
	A22	Implementación de interfaces estándar																		
	A23	Implementación de prototipo de referencia																		
	A24	Análisis de complejidad y causa raíz																		
	A25	Diseño e implementación de heurísticas																		
	A26	Diseño de relajaciones																		
	A27	Implementación final de algoritmos																		
ET3: Generación de Instancias de prueba	A31	Importar datos																		
	A32	Calibración estadística de procesos estocásticos																		
	A33	Generación de instancias de prueba primarias																		
	A34	Calibración de correlaciones																		
	A35	Integración de pronósticos																		
ET4: Cierre proyecto	A36	Generación de instancias de prueba completas																		
	A41	Documentación final																		
	A42	Transferencia y capacitación																		
	A43	Presentación de resultados																		

## Elementos, responsabilidades y competencias de las partes

ANCAP tiene identificados los más relevantes para los resultados del negocio. En función de su experiencia ha clasificado los eventos según su probabilidad e impacto, y tiene claramente identificados a aquellos que tanto por su "elevada probabilidad" como por las "consecuencias de su aparición", pueden comprometer la continuidad del negocio.

Complementariamente, ANCAP cuenta con un conjunto de instrumentos para afectar la probabilidad y/o el impacto de esos eventos. ANCAP cuenta con el detalle completo de estos instrumentos y ha cuantificado el valor de pérdida asociado a cada evento bajo el uso de cada instrumento posible, o en su defecto proveerá una paramétrica para calcularlo.

La transferencia de los conocimientos antes detallados desde ANCAP a UdelaR es mandatoria para el desarrollo del proyecto. Es de vital importancia en esta etapa establecer una lista de prioridades sobre los eventos a considerar y los instrumentos a incluir, porque hay que ser selectivos si llegado el caso faltara tiempo, recursos o la capacidad de cómputo necesaria para afrontar un universo muy grande de variables.

ANCAP facilitará al equipo de UdelaR todos los datos disponibles para la calibración estadística de las variables aleatorias asociadas a los eventos e información sobre el costo de los instrumentos. UdelaR se hará cargo del análisis y la calibración, pero los datos a usar (datos propios o de terceros) los proveerá ANCAP. UdelaR también se hará cargo de estudiar la literatura académica existente sobre las formas recomendadas para clasificar los tipos de eventos bien conocidos.

El desarrollo del modelo de optimización se hará en coordinación con los objetivos de ANCAP, pero será responsabilidad de UdelaR. Asimismo, serán responsabilidad de UdelaR los desarrollos de software necesarios para cumplir con los objetivos establecidos en este proyecto.

La valoración de los resultados tanto finales como intermedios, en términos de lo que representan para el negocio será fijada por ANCAP en su condición de experto. No obstante, UdelaR se compromete a apoyar en la interpretación de la información numérica asociada a los resultados.

ANCAP proporcionará información del negocio a UDELAR en carácter confidencial, siendo su utilización restringida al ámbito de este proyecto.

UDELAR realizará la transferencia del conocimiento en base a la entrega de informes, software, capacitación y presentación de resultados.

## RECURSOS Y COMUNICACIÓN

En este proyecto se prevé el uso de recursos ya disponibles en Facultad de Ingeniería (servidores, instalaciones, etc.), por lo que no incluye presupuesto para adquirir nuevos recursos materiales.

Se ha elegido canalizar todas las consultas entre los grupos de ANCAP y UdelaR a través de las dos contrapartes designadas, a saber, Claudio Risso por parte de UdelaR y Bernardo Zimberg por ANCAP.

Se coordinarán reuniones entre las partes durante el desarrollo del proyecto e intercambio de información a través de correo o sitio de almacenamiento compartido.

En caso de realizarse publicaciones o presentaciones públicas que impliquen la divulgación de datos de ANCAP, se requerirá coordinación previa respecto a la información a considerar.

## EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo para este proyecto estará conformado por tres investigadores de la Facultad de Ingeniería (UdelaR), pertenecientes al Departamento de Investigación Operativa (Depto-IO) del Instituto de Computación (InCo), y/o al Laboratorio de Probabilidad y Estadística (LPE) del Instituto de Matemática y Estadística Rafael Laguardia (IMERL), en particular por los doctores Claudio Risso (Depto-IO, InCo), Franco Robledo (Depto-IO, InCo), un doctor en estadística del (LPE/IMERL) a definir, más un técnico con formación en Informática y perfil en Matemática Aplicada/“Investigación de Operaciones”, a contratar de ser necesario apoyo en la implementación de los algoritmos, el desarrollo de las aplicaciones y/o en el procesamiento de los datos.

El responsable técnico del proyecto será el Dr. Ing. Claudio Risso, sobre quien recaerán las responsabilidades de modelado y del desarrollo de algoritmos para resolver el problema. La formación profesional de Risso incluye: Ingeniería Eléctrica (Telecomunicaciones) e Ingeniería en Computación, Maestría en Ingeniería Matemática y Doctorado en Informática. Su área de actuación académica es la optimización, continua y combinatoria, con experiencia tanto en el uso de métodos exactos como de heurísticas. Cuenta con numerosas participaciones en proyectos académicos, congresos internacionales y publicaciones en medios arbitrados. En lo que respecta a los proyectos de investigación aplicada donde el Dr. Risso ha sido responsable o corresponsable, en el marco de esta actividad destacamos: convenio ANTEL-LPE/IMERL “Optimización de Costos bajo Diseño Robusto en Redes Multi-Overlay”, proyecto Teyma/Abengoa-InCo “Optimización de la red eléctrica del Parque Eólico Palomas”, proyecto ANCAP-CSIC “Cálculo Óptimo del Apetito de Riesgo Corporativo del negocio Combustible” y el proyecto ANII-FSE “Planificación estocástica óptima para la generación y acumulación diaria de energía, integrada a políticas de control en Smart Grids”. Profesionalmente ha actuado como Líder de Proyecto en ANTEL, Consultor (ANTEL, FJR, CUTI) y como Gerente General del Centro de Ensayos de Software (CES-FJR).

El co-responsable técnico del proyecto será el Dr. Ing. Franco Robledo. La formación profesional de Robledo incluye: Ingeniería en Computación, Maestría en Informática del PEDECIBA, Doctorado en Informática del PEDECIBA y a su vez Doctor del INRIA-Université de Rennes I (Francia). Su área de actuación académica es la optimización, continua y combinatoria, confiabilidad en redes, con experiencia tanto en el uso de métodos exactos como de heurísticas. En lo que respecta a los proyectos de investigación aplicada donde el Dr. Robledo ha sido responsable o corresponsable, en el marco de esta actividad destacamos: convenio ANP-LPE/IMERL “Modelos de colas multi-clase para el tráfico entrante al Puerto de Montevideo”, proyecto CSIC “Estudio de Confiabilidad Diámetro Acotada en Redes”, proyecto CSIC “Sistemas Binarios Estocásticos Dinámicos”, entre otros. Su actuación académica incluye más de 100 artículos en revistas científicas y Proceedings de Conferencias especializadas, la formación de 28 Magisters (de diferentes programas académicos de FING-UDELAR), y 7 Doctores en Informática bajo su dirección.

## PRESUPUESTO

El presupuesto total de esta propuesta asciende a 1,950,000.00 (pesos uruguayos un millón novecientos cincuenta mil) por todo concepto (impuestos, retenciones, salarios, etc.).

Rubro	Monto (\$ Uruguayos)
Sueldos	1,755,000.00
Gastos	0
Inversiones	0
Subtotal	1,755,000.00
Sobrecargo (overhead) (CSIC + FIng)	195,000.00
Total	1,950,000.00

El presupuesto no prevé gastos ni inversiones, y se descompone de la siguiente forma: 10% por retenciones de CSIC y Facultad de Ingeniería, más 90% por concepto de Sueldos (cargas sociales incluidas).

## FORMA DE PAGO

En relación a la gestión del proyecto, se siguen los criterios generales del convenio CSIC de ANCAP-Udelar. Los desembolsos son: 40% a la firma del convenio; 40% a la entrega del "Prototipo de Referencia" (la primera versión de la herramienta); el 20% restante corresponde a los entregables finales (documentación, presentación y software definitivo).

*let*

*mf*

*3*

*[Signature]*

*By*